

UNIVERSIDAD DEL NORTE
Departamento de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Administrativa

DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE LA LINEA DE GALVANIZACION DE KNIGHT
S.A.S BASADO EN SIX SIGMA

Preparado por
Luis Fernando Castro
Diana Medellin

Tutor
Carmen Berdugo
Rita Patricia Peñabaena



Barranquilla, Colombia
2017

DECLARACION DE AUTORIA

El informe del proyecto que figura en este documento no ha sido presentado previamente para optar por un título o diploma en esta o en cualquier otra institución de educación superior. Es resultado del conocimiento y creencia de los autores y no contiene ningún material publicado o escrito por otra persona excepto donde previamente se hace la debida referencia.

CONTENIDO

CAPITULO # 1	13
1.1 Descripción de la empresa	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.2.1 Identificación de la Problemática	14
1.2.2 Antecedentes de la Problemática	21
1.2.3 Planteamiento de la pregunta problema	21
1.2.4 Justificación	22
1.3. Objetivos	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos	27
1.4 Etapas metodológicas del proyecto	27
1.4.1 Diagnostico área Galvanización (Definir)	27
1.4.2 Medición del desempeño del proceso de Galvanizado (Medir)	28
1.4.3 Análisis de Datos (Analizar)	29
1.4.4 Proceso de Mejora (Mejorar)	29
1.4.5 Evaluación de los impactos (Controlar)	29
1.5 Alcances y limitaciones	30
CAPITULO # 2	31
2. Marco de Referencia	31
2.1 Marco conceptual	31
2.2 Marco teórico	33
2.2.1 Six Sigma	34
2.2.2 Plan de Mejora	50
2.3 Marco legal	51
2.4 Marco Geográfico	53
2.5 Análisis bibliográfico	53
2.6 Conclusiones con respecto a su referente	54
CAPITULO # 3	55
3. Implementación de la filosofía Six Sigma	55

3.1	Definir	55
3.1.1	Identificación de la problemática	56
3.1.2	Las 5 W y 1 H.....	56
3.1.3	Project Charter	58
3.1.4	Mapa de Proceso	63
3.1.5	SIPOC	67
3.2	Medir	70
3.2.1	Recolección de datos	70
3.2.2	Tipos de No Conformidades	73
3.2.3	Diagrama Pareto de las No Conformidades generadas en 2014 a 2016	81
3.2.4	Nivel sigma del proceso	86
3.2.5	Resultados de la fase Medir:.....	97
3.3	Analizar	98
3.3.1	Análisis del valor añadido	98
3.3.2	Análisis 5 ¿Porque?	99
3.3.2	Análisis de Causa y Efecto	104
3.3.3	Resumen analizar	110
3.4	Mejorar	110
3.5	Controlar.....	117
CAPITULO # 4	120
CAPITULO # 5	126
5.1	Conclusiones.....	126
5.2	Recomendaciones.....	127
BIBLIOGRAFIA	129
ANEXOS	131

LISTADO DE TABLAS

Tabla # 1. Generación de producto no conforme por mes año 2014. (KNIGHT, 2014) ..	18
Tabla #2. Generación de producto no conforme por mes año 2015. (KNIGHT,2015)...	19
Tabla # 3. Generación de producto no conforme por mes año 2016. (KNIGHT,2016)...	20
Tabla # 4. Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2014 (KNIGHT,2014).....	23
Tabla # 5. Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2015. (KNIGHT,2015).....	23
Tabla # 6. Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2016 (KNIGHT,2016).....	23
Tabla # 7. Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2014 (KNIGHT,2014).....	24
Tabla # 8. Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2015 (KNIGHT,2015).....	24
Tabla # 9. Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2016 (KNIGHT,2016).....	25
Tabla # 10. No Conformidades 2014 (KNIGHT,2014)	82
Tabla # 11. No Conformidades 2015 (KNIGHT,2015)	83
Tabla # 12. No conformidades 2016 (KNIGHT,2016).....	84
Tabla # 13. Consolidado No conformidades 2014,2015 y 2016 (KNIGHT,2016)	85
Tabla # 14. Unidades defectuosas en muestra para No Conformidades (KNIGHT,2016)	88
Tabla # 15. Tabla de referencia nivel sigma (SUNGH. 2013).....	90
Tabla # 16. Análisis de valor Añadido (Autoría propia).....	99
Tabla # 17. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Soldadura (Autoria propia)	101
Tabla # 18. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Grumos (Autoria propia)	102
Tabla # 19. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Peso por Debajo (Autoría propia)	103
Tabla # 20. Identificación de causas de grumos (Autoría propia).....	105
Tabla # 21. Identificación de causas de Soldadura (Autoría propia)	105

Tabla # 22. Identificación de causas de Peso por debajo del mínimo (Autoría propia)	106
Tabla # 23. Matriz de evaluación causa y efecto (Autoría propia)	109
Tabla # 24. Resultados evaluación Causa y Efecto (Autoría propia)	110
Tabla # 25. Plan de mejora (Autoría propia)	116
Tabla # 26. Plan de control. (Autoría propia)	119
Tabla # 27. Plan de implementación (Autoría propia)	125
Tabla # 28. Valores de Cp en términos de Defectos por millón (GUEVARA, 2009)	131
Tabla # 29. Valores de Cp y su interpretación. (GUEVARA, 2009)	131
Tabla # 30. Calidad de corto y largo plazo (nivel sigma) en términos Cp, Z y PPM defectos. (GUEVARA, 2009)	132

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración # 1. Generación de producto No Conforme por línea producción 2014 – 2016. (Autoría propia).....	15
Ilustración # 2. Costos disposición de producto No Conforme por línea de producción 2014-2016. (Autoría propia).....	15
Ilustración # 3.% Participación producto NC por línea de producción 2014. (Autoría propia)	16
Ilustración # 4.% Participación producto NC por línea de producción 2015. (Autoría propia)	16
Ilustración # 5.% Participación producto NC por línea de producción 2016. (Autoría propia)	16
Ilustración # 6.Comportamiento generación de producto no conforme 2014-2016 (Autoría propia)	20
Ilustración # 7.Grafica de distribución normal de datos	37
Ilustración # 8. OEE (LSSI, 2015).....	46
Ilustración # 9. Principio Proceso Trefilado (Autoría propia).....	64
Ilustración # 10. Diagrama de Bloques proceso Galvanización (Autoría propia)	67
Ilustración # 11. SIPOC proceso Galvanizado (Autoría propia).....	69
Ilustración # 12. Etiqueta Producto No Conforme (MEDELLIN, 2017)	72
Ilustración # 13. Diámetro Bajo (Autoría propia).....	73
Ilustración # 14. Diámetro Alto (Autoría propia).....	73
Ilustración # 15. Ovalado (Autoría propia)	74
Ilustración # 16. Baja capa de Zinc (Autoría propia).....	75
Ilustración # 17. Alta capa de Zinc (Autoría propia).....	76
Ilustración # 18. Concentricidad (Autoría propia).....	76
Ilustración # 19. Recubrimiento sin adherencia (Autoría propia)	77
Ilustración # 20. Alambre galvanizado oxidado (Autoría propia).....	77
Ilustración # 21. Grumos (Autoría propia).....	78
Ilustración # 22. Alambre con Aros (Autoría propia)	79
Ilustración # 23. Superficie rugosa (Autoría propia).....	79
Ilustración # 24. Hélice (Autoría propia)	80

Ilustración # 25. Cast (Autoría propia)	80
Ilustración # 26. Enredo (Autoría propia)	80
Ilustración # 27. Pareto No Conformidades 2014 (Autoría propia)	82
Ilustración # 28. Pareto No Conformidades 2015 (Autoría propia)	83
Ilustración # 29. Pareto No Conformidades 2016 (Autoría propia)	84
Ilustración # 30. Consolidado No Conformidades 2014,2015 y 2016 (Autoría propia) ..	85
Ilustración # 31. Grafica P de No conformidad por Soldadura (Autoría propia)	91
Ilustración # 32. Análisis de capacidad para No conformidad por Soldadura (Autoría propia)	92
Ilustración # 33. Grafica P de No conformidad por Grumos (Autoría propia)	93
Ilustración # 34. Análisis de capacidad para No conformidad por Grumos (Autoría propia)	93
Ilustración # 35. Grafica P de No conformidad por peso por debajo (Autoría propia)...	95
Ilustración # 36. Análisis de capacidad para No conformidad por peso por debajo (Autoría propia)	95
Ilustración # 37. Grafica P de No conformidad para el grupo de N.C analizadas (Autoría propia)	96
Ilustración # 38. Análisis de capacidad para el grupo de N.C analizadas (Autoría propia)	97
Ilustración # 39. Formato Ruta de Mejoramiento. (MEDELLIN, 2016).....	100
Ilustración # 40. Diagrama Causa y Efecto Grumos (Autoría propia)	106
Ilustración # 41. Diagrama Causa y Efecto Soldadura (Autoría propia).....	107
Ilustración # 42. Diagrama Causa y Efecto Peso por Debajo (Autoría propia)	107

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar un plan de mejora de la línea de galvanización de Knight S.A.S, encargada de la producción de alambre y torón de acero con recubrimiento de Cinc. Esta mejora se realizara mediante la implementación de la Filosofía Six Sigma y su ciclo de análisis y mejora DMAIC, con el fin de reducir las unidades no conformes generadas por el proceso, incrementar la productividad y reducir los costos de no calidad. El aplicar esta metodología permitió identificar la situación problema, conocer las especificaciones del proceso y del cliente para el producto final, definir las variables de entrada y salida y la forma en que afectan la consecución de los requerimientos, conocer su comportamiento por medio de mediciones de datos y análisis estadísticos que permitan determinar las causas directas de la problemática. Todo lo anterior con el objetivo de proponer estrategias de mejora para la capacidad del proceso, así como su medio de control para asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas.

El grupo de trabajo conformado al inicio del proyecto pudo desarrollar las etapas del ciclo DMAIC y con esto alcanzar los objetivos planteados al inicio. Se resalta la importancia de estos proyectos dentro de las empresas y en el desarrollo de profesionales interesados en profundizar filosofía, permitiendo con esto la aplicación de los conocimientos y la obtención de experiencia dentro del campo en el que se desempeñaran en su carrera laboral.

Palabras clave: Six Sigma, galvanizado, ciclo DMAIC, no conformidades, acciones de mejora, producción.

ABSTRACT

The main objective of this project is to design an improvement plan for the galvanization line of Knight S.A.S, responsible for the production of steel wire and strand with zinc coating. This improvement will be made through the implementation of the Six Sigma Philosophy and its DMAIC analysis and improvement cycle, in order to reduce the non-conforming units generated by the process, increase productivity and reduce non-quality costs. Applying this methodology allowed to identify the problem situation, to know the specifications of the process and the client for the final product, to define the input and output variables and the way in which they affect the achievement of the requirements, to know their behavior by means of measurements of data and statistical analysis to determine the direct causes of the problem. All of the above with the objective of proposing improvement strategies for the capacity of the process, as well as its means of control to ensure continuity over time and their effectiveness.

The working group formed at the beginning of the project was able to develop the stages of the DMAIC cycle and thereby achieve the objectives set at the beginning. The importance of these projects within the companies and in the development of professionals interested in deepening the philosophy is highlighted, allowing with this the application of the knowledge and the obtaining of experience within the field in which they will perform in their career.

Keywords: Six Sigma, galvanized, DMAIC cycle, nonconformities, improvement actions, production.

INTRODUCCION

Knight S.A.S es una empresa colombiana perteneciente al sector metalmecánico, con tres líneas de producción: pretensado, trefilado y galvanizado; las cuales fabrican alambre y torón de acero con o sin recubrimiento. Entre sus objetivos corporativos se encuentran fidelizar a los clientes por medio de la calidad de los productos, garantizando así continuidad en sus ventas y rentabilidad para sus grupos de interés. Sin embargo, la línea de galvanización cuyo proceso consiste en aplicar un recubrimiento de cinc sobre la superficie del acero para evitar la oxidación; durante los últimos 5 años ha generado en mayor proporción producto no conforme, respecto a las otras líneas de la empresa, ocasionando sobrecostos, disminución de productividad y pérdida de clientes. Desafortunadamente las acciones de mejora que se han implementado hasta el momento no han dado los resultados esperados y los indicadores de gestión no cumplen la meta establecida por la empresa, ocasionando pérdidas económicas del orden de los \$919.225.496 en el último año.

En el marco de la mejora continua dentro del cual Knight S.A.S se ha desarrollado desde sus inicios, crece la necesidad de encontrar e implementar una filosofía que permita reducir la generación de producto no conforme, mejorar la confianza de los clientes y finalmente mejorar la rentabilidad de la compañía. Basados en la definición de Six Sigma de Mikel Harry “Six Sigma es un proceso de negocio que permite a las empresas mejorar tremendamente su cuenta de resultados mediante el diseño y seguimiento diario de las actividades cotidianas de manera que se minimice el desperdicio a la vez que se maximiza la satisfacción del cliente” (RUIZ,2009); podemos concluir que esta filosofía es apta para la necesidad actual de la empresa. El desarrollo de un análisis de la historia del arte de este tema se presenta en el capítulo 2.

Por lo tanto, en el presente proyecto se busca diseñar un plan de mejora del proceso de galvanizado basado en la filosofía Six Sigma y su ciclo DMAIC. Este plan se desarrolla de acuerdo a los cinco pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y en cada uno se emplearán diferentes herramientas de soporte, como el método de 5W y 1H, el contrato de trabajo o Project Charter, el mapa de proceso, el

diagrama SIPOC, diagramas Pareto, nivel sigma y capacidad de proceso, éstas últimas utilizando software estadístico (MINITAB®), implementación de análisis de valor añadido, análisis 5 ¿por qué?, análisis de causa y efecto, con su respectivo diagrama de Ishikawa, para finalmente establecer el plan de acciones de mejora y los indicadores de control.

Finalmente se presenta un plan de implementación, que permite llevar a cabo cada una de las acciones de mejora halladas en el ciclo DMAIC. Con las contribuciones de este proceso de mejora se espera la reducción de costos, aumento de la productividad y garantía de la calidad; todo esto es posible con el apoyo de la alta gerencia y la inclusión de todos los colaboradores de la compañía en la filosofía Six Sigma, permitiendo así la transformación cultural de la organización.

CAPITULO # 1

En el Capítulo #1 se analizará e identificará la problemática que se presenta con la generación de producto no conforme de las líneas de producción de la planta metalmecánica Knight S.A.S, especialmente en la línea de galvanización; y los costos adicionales que la empresa ha incurrido al dar disposición a este material. Se expondrán los antecedentes de esta problemática, se hará la justificación de porque es necesario llevar a cabo este estudio, se establecerán objetivos y resultados esperados, así como la metodología de implementación que permitirá elaborar un plan de mejora de la línea.

1.1 Descripción de la empresa

Knight S.A.S es una planta metalmecánica perteneciente al grupo Emcocables, nació en el año 2009 como una idea de Fernando Caballero y Felipe Caballero, dueños de este grupo. Su objetivo principal es atender el mercado internacional y por eso se ubicó en la ciudad de santa Marta, cerca al puerto marítimo. Inicio su operación en el año 2010 con equipos de última tecnología provenientes de Italia y Bélgica. Las primeras líneas de producción fueron Línea de Trefilación de Alambre Brillante para Resortes Industriales (capacidad de 700 toneladas/mes), Línea PC para trenzando de alambre brillante para obras civiles – construcción (capacidad de 1800 toneladas/mes) y Línea de Galvanización (capacidad de 600 toneladas/mes). A principios del año 2015 se adquiere otra Línea PC de trefilación de alambre para obras civiles (capacidad de 700 toneladas/mes).

Hoy en día la planta cuenta con una capacidad de 3500 toneladas/mes, tiene 3 líneas de producción Galvanizado, PC (alambre - torón) y Alambre Brillante; y atiende varios sectores de la industria: eléctrico, metalmecánico, petrolero, petroquímico, construcción y la industria en general. Knight exporta principalmente a los países de la Comunidad Andina, Centroamérica, el caribe, los Estados Unidos y Europa.

Debido a las nuevas necesidades del mercado, se está adelantando dos grandes proyectos de ampliación que se esperan culminar a finales de 2017. El primero es una nueva línea de trenzado de alambre brillante para obras civiles (capacidad de 400 ton/mes) y el segundo una línea de trefilación y galvanización de alambre ovalado (400

toneladas/mes). Con estos proyectos la nueva capacidad será de 4300 toneladas/mes lo que convierte al grupo en el mayor exportador de acero del país.

El presente estudio hace parte de las mejoras que se requieren para lograr implementar con éxito el segundo proyecto, se trabajará en mejorar la calidad de los productos de la línea de galvanización, reduciendo así la excesiva generación de material no conforme.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Identificación de la Problemática

La empresa Knight S.A.S tiene implementado un procedimiento para asegurar el adecuado manejo del producto terminado y producto en proceso que no cumpla con los requisitos del cliente, de tal forma que se identifique su estado de inspección y ensayo, y se controle para prevenir inconvenientes tales como su mezcla o confusión con material conforme, su uso o entrega no intencional. De igual forma se asegura el manejo adecuado del producto que posee alguna característica a tener presente durante su fabricación.

Durante la ejecución del procedimiento de disposición del producto No conforme se obtienen datos que permiten identificar el comportamiento en todas las líneas de producción de la empresa. En la ilustración # 1 se encuentran los resultados obtenidos en tonelaje en los últimos 3 años y en la ilustración # 2 se aprecian los costos asociados a la disposición del producto. Las ilustraciones # 3, #4 y #5 representan el porcentaje de participación de cada línea en el total de producto no conforme generado por año.

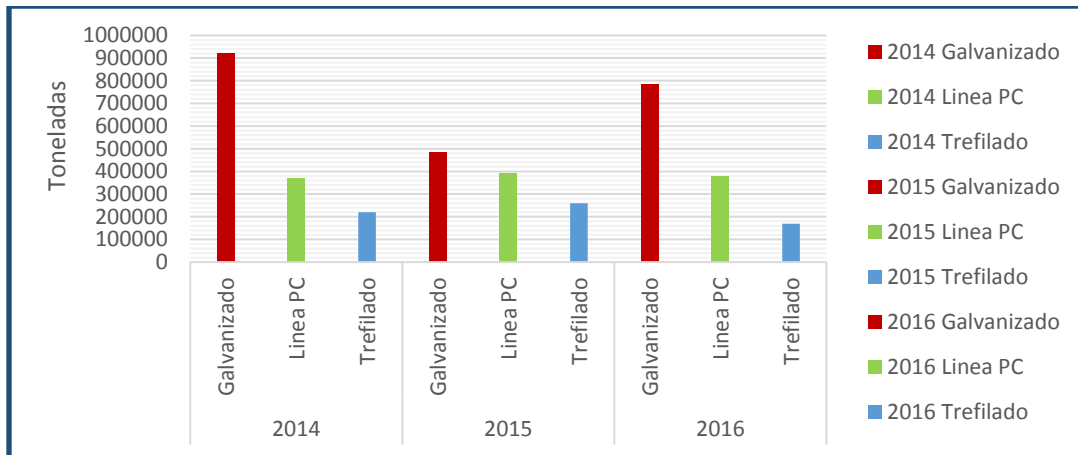


Ilustración # 1. Generación de producto No Conforme por línea producción 2014 – 2016. (KNIGHT, 2016).

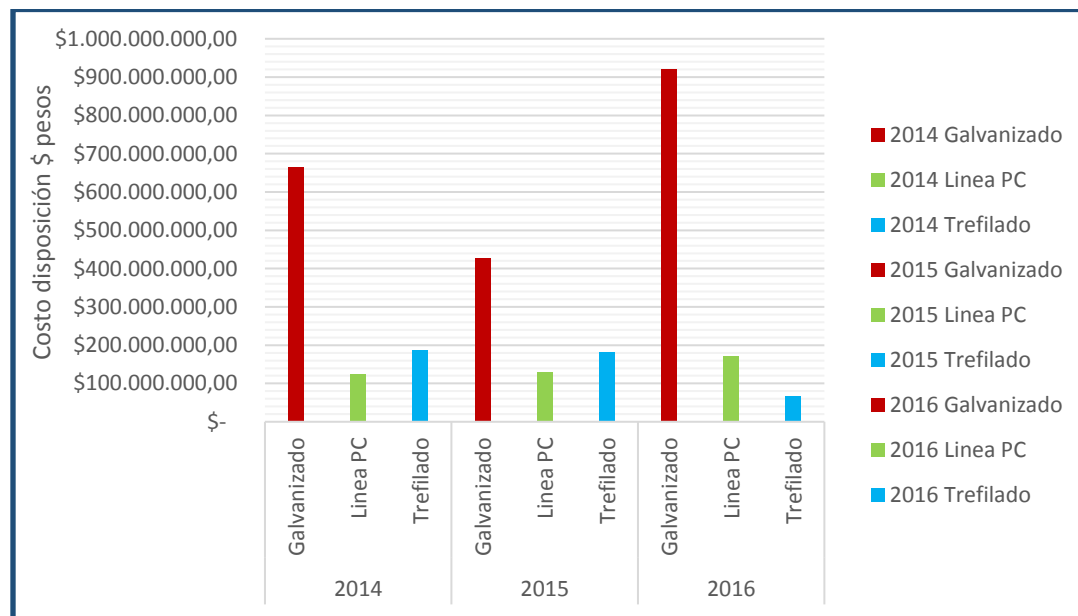


Ilustración # 2. Costos disposición de producto No Conforme por línea de producción 2014-2016. (KNIGHT, 2016).

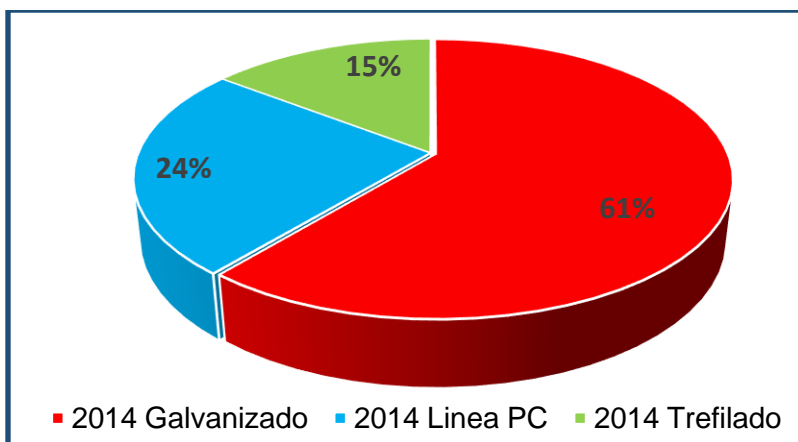


Ilustración # 3.% Participación producto NC por línea de producción 2014. (KNIGHT, 2016)

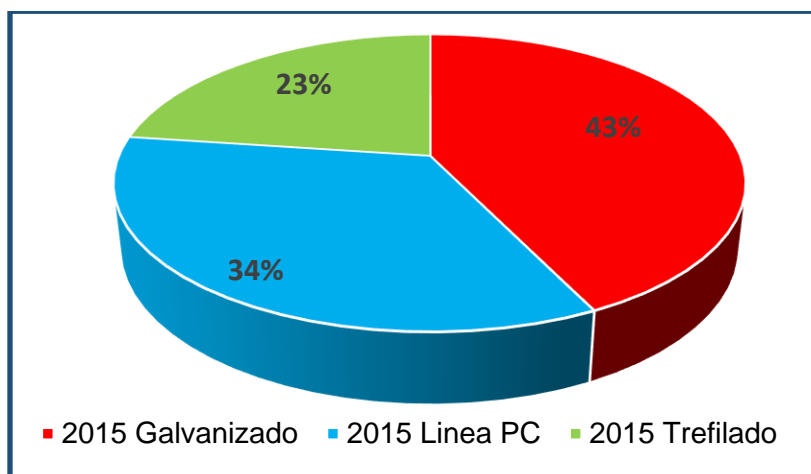


Ilustración # 4.% Participación producto NC por línea de producción 2015. (KNIGHT,2016)

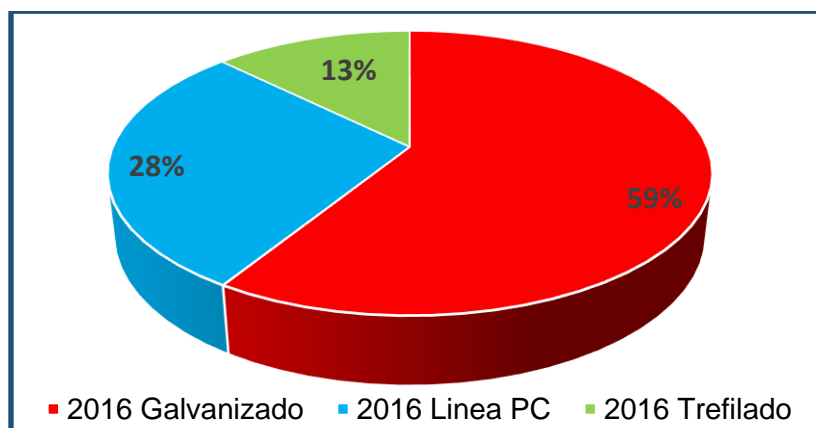


Ilustración # 5.% Participación producto NC por línea de producción 2016. (KNIGHT,2016)

Analizando la ilustración # 1 y la ilustración # 2 podemos concluir que de las 3 líneas de producción, la línea de galvanización es la que genera un alto volumen de producto no conforme y sus costos asociados a la disposición son los más elevados.

Si comparamos estos costos con las ventas por año de la línea de galvanizado las cuales fueron de \$14.961.000.000 para el 2014, \$ 13.989.000.000 para el 2015 y \$ 14.043.000.000 para el 2016, podemos concluir que el % de pérdida en comparación a estos ingresos esta alrededor del 4,43 % para el 2014, 3,04 % para el 2015 y 6,5% para el 2016. Cifras que son altas en comparación con las otras líneas en donde el % de pérdida no sobrepasa el 0.2%.

En las ilustraciones #3, #4 y #5 su porcentaje de participación en los 3 años de análisis es el más representativo, 61% para 2014, 43% para el 2015 y 59% para el 2016.

- Problemática línea de galvanización

Como se mencionó anteriormente, la línea de galvanización hace parte de las 3 grandes líneas de producción que tiene Knight S.A.S. Su objetivo consiste en producir alambres y torones recubiertos con Cinc que cumplan con todas las especificaciones establecidas por los clientes, de acuerdo a las normas ASTM A475, B498, B500 Y A 363, garantizando una excelente calidad y una generación mínima de producto no conforme y reclamaciones. La capacidad productiva de acuerdo a capacidad por maquina es de 600 toneladas/mes. Sin embargo, durante los 6 años que lleva en operación y en particular a partir del año 2014, la generación de producto no conforme ha estado por encima del indicador establecido por la compañía, (máximo el 5% en peso del total de la producción puede ser no conforme). Los resultados en cuanto a kg de producto no conforme/tonelada producida, han superado a las otras líneas de producción en un porcentaje promedio del 2014 a 2016 del 54%. Esta situación ha generado costos adicionales por reprocesos y descarte de producto, los cuales en comparación con las otras líneas superan el 60% del total de toda la disposición. Otros impactos que también se han tenido son pérdidas de clientes por reclamos frecuentes, 4 clientes en promedio por año que equivalen al 30% del total de los clientes de la línea; y reducción en la capacidad de producción en un 30%. A continuación se detalla la problemática con datos extraídos de la información histórica de la compañía:

El inicio de operación de línea de galvanización comenzó en el año 2011, específicamente en el mes de enero. El arranque y puesta en marcha duro aproximadamente 3 años, en esta etapa se trabajó fuertemente por conocer y ajustar todas las variables del proceso; y por estabilizar la curva de aprendizaje. Hacia el año 2014 el proceso a nivel productivo superaba el 50 % de la capacidad de producción, 300 Toneladas/mes. Sin embargo, no se cumplía con las expectativas en la generación de producto no conforme, todos los meses se presentó incumplimiento con respecto a la meta establecida.

En la tabla # 1, se puede observar la generación de producto no conforme mes a mes durante el año 2014 y su porcentaje con respecto al total de la producción mensual; el cual fue en promedio el 20% del total de la producción (987 toneladas no conformes de 4987 toneladas producidas):

2014			
Mes	Cantidad NC (kg)	Producción (Ton)	% NC del Total de Producción
ene-14	41832	281,444	14,86
feb-14	99219	377,3	26,30
mar-14	51701	233,346	22,16
abr-14	35415	305,293	11,60
may-14	65535	421,369	15,55
jun-14	121016	586,146	20,65
jul-14	129238	589,71	21,92
ago-14	85856	525,19	16,35
sep-14	82493	380,232	21,70
oct-14	85940	427,649	20,10
nov-14	104432	435,686	23,97
dic-14	84740	423,988	19,99
Total general	987417	4987,353	20

Tabla # 1. Generación de producto no conforme por mes año 2014. (KNIGHT, 2014)

En la tabla # 2, se puede observar la generación de producto no conforme mes a mes durante el año 2015 y su porcentaje con respecto al total de la producción mensual. En este año el promedio de producto no conforme bajo al 10% del total de la producción (487 toneladas no conformes de 4663 toneladas producidas):

2015			
Mes	Cantidad NC (kg)	Producción (Ton)	% NC del Total de Producción
ene-15	62415	445,563	14,0
feb-15	38777	496,614	7,8
mar-15	53672	412,549	13,0
abr-15	36303	408,956	8,9
may-15	27021	432,585	6,2
jun-15	45419	318,294	14,3
jul-15	20884	254,62	8,2
ago-15	23029	355,531	6,5
sep-15	67481	492,137	13,7
oct-15	42146	365,388	11,5
nov-15	21502	280,981	7,7
dic-15	48456	400,342	12,1
Total general	487105	4663,56	10

Tabla #2. Generación de producto no conforme por mes año 2015. (KNIGHT,2015).

En la tabla # 3, se puede observar la generación del producto no conforme mes a mes durante el año 2016 y su porcentaje con respecto al total de la producción mensual. Este año existe un incremento en comparación al año 2015, el resultado es el 17 % del total de producción (782 toneladas no conformes de 4681 toneladas producidas).

2016			
Mes	Cantidad NC (kg)	Producción (Ton)	% NC del Total de Producción
ene-16	64300	407,558	15,78
feb-16	43234	422,589	10,23
mar-16	128931	442,897	29,11
abr-16	81295	237,976	34,16
may-16	70378	430,286	16,36
jun-16	33363	427,821	7,80
jul-16	48681	385,328	12,63
ago-16	44798	345,668	12,96
sep-16	71414	388,836	18,37
oct-16	61211	388,43	15,76
nov-16	72185	355,404	20,31
dic-16	63102	448,992	14,05
Total general	782892	4681,785	17

Tabla # 3. Generación de producto no conforme por mes año 2016. (KNIGHT, 2016)

En la ilustración # 6 se detalla con más claridad el comportamiento de la generación de producto no conforme durante estos tres años y queda claro el incumplimiento de la meta mensual establecida por la compañía.

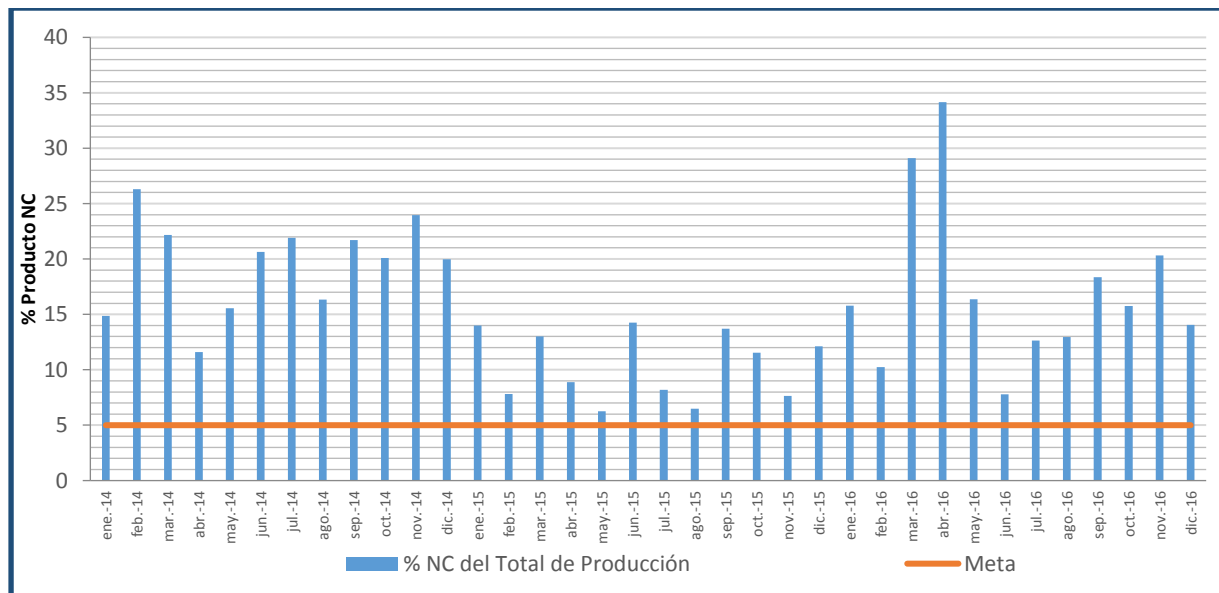


Ilustración # 6. Comportamiento generación de producto no conforme 2014-2016 (KNIGHT, 2016)

1.2.2 Antecedentes de la Problemática

La empresa ha visto con preocupación el impacto que esta problemática ha tenido en los balances financieros, las pérdidas económicas por la disposición del producto no conforme de la línea de galvanización han sido considerables, \$663.837.500 para el 2014, \$ 425.681.294,00 para el 2015 y \$ 919.225.496,00 para el 2016; esta información se detalla más adelante en la justificación. Por tal motivo, los directivos decidieron implementar desarrollar una serie de mejoras a mediados del año 2015 tanto a nivel administrativo como operativo para mitigar el problema. Desafortunadamente estas mejoras no han sido satisfactorias porque los resultados en la generación de producto no conforme en el 2016 no evidencian una reducción que por lo menos este justo en la meta establecida o por debajo de ella. Están en el 17% del total de la producción

A continuación se encuentran las principales mejoras que la empresa ha realizado:

- Cambio de jefe de línea de galvanizado. Los operadores se quejaban constante porque sentían presión del jefe actual y bajaban rendimiento.
- Cambio de funciones de los operadores de la línea. El hornero tenía demasiadas funciones y no lograba controlar el proceso, en sus reportados siempre estaban notas donde expresaba que no le alcanzaba el tiempo.
- Implementación de auditorías diarias de seguimiento de las áreas de calidad y procesos químicos. El jefe de línea solicitaba acompañamiento de otras áreas ya que consideraba importante que le ayudaran en el control del proceso.

Analizando estas mejoras podemos concluir que no se está atando la raíz del problema. El enfoque no es claro, no se tiene un modelo de mejoramiento y los planes surgen simplemente de inconformidades del jefe y los operarios. En conclusión, no existe un análisis causal que justifique la relación de estas mejoras con la generación de producto no conforme.

1.2.3 Planteamiento de la pregunta problema

¿Cómo diseñar un proceso de mejora para la reducción en la generación de producto No Conforme de la línea de galvanización de Knight S.A.S ?

1.2.4 Justificación

El procedimiento de control de producto no conforme que Knight ha implementado contempla dar disposición partiendo de una serie de criterios que se han establecido de acuerdo a los parámetros de aceptación de nuestros clientes. Estas disposiciones se clasifican en 5 categorías:

1. Producto liberado: el cliente acepta la no conformidad sin generación de costos adicionales.
2. Producto reclasificado: el producto teniendo en cuenta sus especificaciones actuales se asigna a otro cliente u otro proceso. Los costos adicionales corresponden al incremento en inventario en proceso.
3. Producto rechazado: la no conformidad no permite el cumplimiento con las especificaciones de ninguno de los productos fabricados en la empresa. Se descarta y asigna como retal. Los costos adicionales corresponden al costo total del producto.
4. Producto reprocesado: el material se procesa nuevamente, los costos adicionales por el reproceso no incluyen la materia prima porque que es la misma.
5. Producto concesionado: se solicita autorización al cliente para liberar el producto con la no conformidad, los costos adicionales corresponden al descuento en el precio de venta.
6. Producto recuperado: se retira del producto la parte defectuosa, los costos adicionales son mano de obra.

Como se enuncio anteriormente en cada una de estas categorías la gestión implica una serie de costos adicionales que dependen de la acción a tomar sobre el producto.

En la tabla # 4, se encuentran los costos que la empresa tuvo en el 2014 por la disposición del producto no conforme de todas las líneas de producción. El total fue de \$ 975.376.700 y para la línea de galvanizado fue de \$663.837.500. Es decir una participación del 68.06 % del costo total.

Línea	2014	% Participación en Costo Total
	Costo Disposición	
Galvanizado	\$ 663.837.500,00	68,06
Línea PC	\$ 123.672.000,00	12,68
Línea Alambre Brillante	\$ 187.867.200,00	19,26
Total general	\$ 975.376.700,00	

Tabla # 4.Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2014 (KNIGHT,2014)

En la tabla # 5, se encuentran los costos que la empresa tuvo en el 2015 por la disposición del producto no conforme de todas las líneas de producción. El total fue de \$ 732.456.494 y para la línea de galvanizado fue de \$425.681.294. Es decir una participación del 58.12 % del costo total.

Línea	2015		% Participación en Costo Total
		Costo Disposición	
Galvanizado	\$	425.681.294,00	58,12
Línea PC	\$	125.124.000,00	17,08
Línea Alambre Brillante	\$	181.651.200,00	24,80
Total general	\$	732.456.494,00	

Tabla # 5.Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2015. (KNIGHT,2015).

En la tabla # 6, se encuentran los costos que la empresa tuvo en el 2016 por la disposición del producto no conforme de todas las líneas de producción. El total fue de \$ 732.456.494 y para la línea de galvanizado fue de \$919.225.496. Es decir una participación del 79.44 % del costo total.

Línea	2016		% Participación en Costo Total
	Costo Disposición		
Galvanizado	\$	919.225.496,00	79,44
Línea PC	\$	171.679.200,00	14,84
Línea Alambre Brillante	\$	66.252.000,00	5,73
Total general	\$	1.157.156.696,00	

Tabla # 6.Costo disposición producto No conforme líneas de producción 2016 (KNIGHT,2016)

En la tabla # 7, se encuentra el detalle de las disposiciones dadas a los productos no conformes de la línea de galvanización para el año 2014 y los costos adicionales que tuvo la compañía.

2014				
Mes	Cantidad (kg)	Costo Unitario Disposición (\$)	Costo total Disposición (\$)	
Concesión	262409	\$ 140	\$	36.737.260
Liberado	148995	\$ -	\$	-
NC Reprocesado	467654	\$ 1.160	\$	542.478.640
Rechazado	30222	\$ 2.800	\$	84.621.600
Reclasificado	78137	\$ -	\$	-
Costo total			\$	663.837.500

Tabla # 7.Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2014 (KNIGHT,2014)

En la tabla # 8, se encuentra el detalle de las disposiciones dadas a los productos no conformes de la línea de galvanización para el año 2015 y los costos adicionales que tuvo la compañía.

2015				
Mes	Suma de Cantidad (kg)	Costo Unitario Disposición (\$)	Costo total Disposición (\$)	
Concesión	87203	\$ 150	\$	13.080.450
Liberado	88555	\$ -	\$	-
NC Reprocesado	246746	\$ 1.414	\$	348.898.844
Rechazado	21234	\$ 3.000	\$	63.702.000
Reclasificado	43367	\$ -	\$	-
Costo total			\$	425.681.294

Tabla # 8.Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2015 (KNIGHT,2015)

En la tabla # 9, se encuentra el detalle de las disposiciones dadas a los productos no conformes de la línea de galvanización para el año 2016 y los costos adicionales que tuvo la compañía.

2016				
Mes	Cantidad (kg)	Costo Unitario Disposición (\$)		Costo total disposición (\$)
Concesión	65312	\$	165	\$ 10.776.480
Liberado	77293	\$	-	\$ -
NC Reprocesado	563297	\$	1.528	\$ 860.717.816
Rechazado	14464	\$	3.300	\$ 47.731.200
Reclasificado	34484	\$	-	\$ -
Costo total			\$ 919.225.496,00	

Tabla # 9. Costos adicionales por disposición de producto no conforme 2016 (KNIGHT,2016)

De este análisis podemos concluir que la empresa ha asumido altos sobrecostos por la disposición de estos productos y la categoría que más impacta es el reproceso. En la ilustración # 7 se encuentra el porcentaje de distribución de cada disposición:

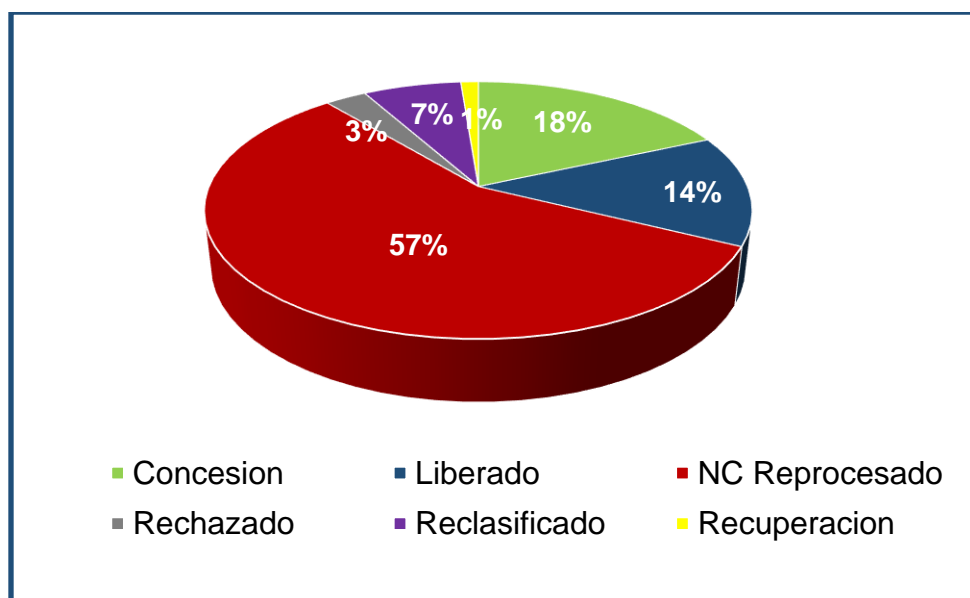


Ilustración # 7. Porcentaje de distribución categorías de disposición de producto no conforme 2014 a 2016 (KNIGHT,2016)

El presente estudio pretende aportar una solución viable tanto económica como practica para la reducción en la generación de producto no conforme de la línea de galvanización de Knight S.A.S; manteniendo un proceso de manufactura eficiente con valores

aceptables en las medidas de desempeño de calidad. Al ser una empresa cuyas operaciones son el 97% exportación, los niveles de exigencia con respecto al cumplimiento de especificaciones son altos en comparación al mercado local; incrementado así el nivel de exigencia del proceso.

Por lo tanto, tras una revisión exhaustiva, involucra proponer mejoras que posibiliten las reducciones en los reprocesos, los tiempos y los costos asociados a ellos. En la empresa existe una convicción de apoyar todo proyecto interno o externo o aporte científico que permita un mejoramiento de las condiciones actuales. Es así como desde la perspectiva de calidad, se abordará el problema actual para generar soluciones que no sólo reduzcan costos sino que además agreguen valor al proceso. Se analizará el funcionamiento actual de la planta en búsqueda de oportunidades de mejora teniendo como eje de desarrollo un esquema de proyecto Seis Sigma.

Adicionalmente, se busca favorecer el interés de la compañía por aumentar su participación en el mercado nacional e internacional. Las evidencias reales y honestas del buen desempeño de una empresa, son su primera carta de presentación y representan una ventaja competitiva muy importante dentro del mercado actual.

Los posibles impactos de este proyecto se pueden presentar a nivel del personal operativo, cambio en la forma de hacer las cosas; a nivel financiero, posibles inversiones que se requieran para ajustes y cambios del proceso; y a nivel administrativo posibles cambios en la metodología y en la forma de liderazgo.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseño de un plan de mejora de la línea de galvanización de Knight S.A.S a través de la implementación de la filosofía de Six Sigma, que permita ajustar el nivel de No Conformes con el fin de disminuir costos adicionales por la disposición y aumentar la capacidad de producción.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso de galvanización, a partir de la información histórica de la compañía referente al proceso productivo y su generación de producto no conforme, utilizando herramientas como las 5W y 1H, el diagrama de proceso, el diagrama SIPOC y el Project charter, con el fin de determinar las variables a mejorar.
- Medir el nivel sigma del proceso, a partir de la recolección de datos y el análisis de variables por atributos utilizando la herramienta Minitab, con el fin de determinar el estado actual del proceso.
- Analizar el comportamiento de las variables del proceso y generación de producto no conforme, a partir de herramientas estadísticas como diagrama Pareto, diagrama de causa y efecto, análisis 5 porque y AMEF que permitan definir las causas directas de la situación problema.
- Elaborar un plan de mejora a partir de los resultados del análisis estadístico, con el fin de reducir el porcentaje de producto no conforme y aumentar el nivel sigma del proceso.
- Elaborar un plan implementación y control de las acciones de mejora, a partir de indicadores de gestión, que permitan asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas.

1.4 Etapas metodológicas del proyecto

Para dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos formulados, se establecen las siguientes fases dentro del proyecto, acorde a la herramienta Seis Sigma y la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).

1.4.1 Diagnostico área Galvanización (Definir)

Para lograr con efectividad los objetivos planteados se crea un equipo de trabajo interdisciplinario, conformado por líderes del área de producción (jefe proceso, supervisor

y operador), líderes del área de calidad (jefe de calidad y analista) y líderes del área administrativa (gerente de planta y gerente financiero). Este equipo tendrá metas específicas de mejora para el proceso.

Como todo proyecto se hace necesario una carta de navegación, para tal fin se implementará la herramienta Project Charter (carta o contrato de proyecto). Esta carta o contrato definirá el papel del equipo en la mejora del proceso, aplicará las herramientas de evaluación, manteniendo al equipo enfocado en el problema y alineado al objetivo.

El propósito inicial del equipo de trabajo es conocer con exactitud el proceso de galvanizado, en esta fase se recopila información técnica documentada en los Manuales de Proceso y Diagramas de flujo, identificando los parámetros y variables involucradas en la Galvanización. La caracterización general del proceso se realizará a través de un diagrama SIPOC (Proveedores, entradas, proceso, salida, cliente).

1.4.2 Medición del desempeño del proceso de Galvanizado (Medir)

En esta etapa se tomarán datos para validar y cuantificar el problema. De acuerdo al diagrama SIPOC realizado en la anterior etapa, determinaremos los indicadores necesarios para evaluar el desempeño del proceso.

Se iniciará la medición recopilando los datos del producto no conforme de la línea de galvanización, se tendrán en cuenta los históricos de los últimos 3 años. Con esta información se realizarán los diagramas Pareto de donde se extraerán las principales no conformidades.

Finalmente se determinará el nivel sigma y con ello los índices de capacidad del proceso a partir del análisis de datos por atributos y la herramienta Minitab. Los resultados obtenidos en estos cálculos serán de referencia para determinar el avance del proceso luego de implementar las mejoras.

1.4.3 Análisis de Datos (Analizar)

En esta etapa se realizará el estudio y análisis de los datos recopilados en la etapa de medición, se evaluará la situación actual del proceso y se determinarán las causas del problema.

Las herramientas que se utilizarán serán análisis de Valor Agregado para determinar las actividades que generan o no valor, posterior a esto se realizará el análisis de los 5 ¿Por qué?, cuyo objetivo es determinar las causas generales del problema a partir del conocimiento y experiencia de la parte operativa y administrativa. Al determinar las causas significativas y repetitivas del problema, se centrará el análisis en pocas variables. Con este resultado se elaborará un diagrama de causa y efecto o espina de pescado, que definirá la relación asociada con el problema.

1.4.4 Proceso de Mejora (Mejorar)

En esta etapa se establecen las propuestas de mejora del proceso de acuerdo a los resultados del análisis realizado en la etapa anterior y se definirán los planes de acción a través de un cronograma de implementación, que deberá ser publicado y de conocimiento de los funcionarios de la línea de galvanizado de Knight S.A.S.

Tomada ya las decisiones en la etapa anterior para la solución del problema, es necesario generar ideas de mejora, para tal fin el equipo de trabajo realizará una lluvia de ideas que permita escoger las alternativas que se ajusten al presupuesto existente y brinde la confiabilidad necesaria.

A través de Juntas técnicas se socializarán las mejoras ante la organización, de tal manera que se conozcan ampliamente las modificaciones al proceso de galvanizado.

1.4.5 Evaluación de los impactos (Controlar)

Justificada la propuesta mediante el cálculo de las mejoras previstas evaluando su costo-beneficio en la etapa anterior, se implementan los indicadores de gestión del proceso.

Los indicadores son necesarios porque no se pueden tomar decisiones por simple intuición. También mostrarán los puntos problemáticos del proceso y ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar los procedimientos, así como validar la efectividad de la mejora.

Finalmente se ejecuta la planificación e implementación de la solución, se Incorporan principios de gestión, documentando las mejoras y redactando los nuevos procedimientos, instructivos y manuales de la línea de galvanizado de Knight S.A.S.

Para desarrollar un sistema de control del proceso, se implementa sistemas de control estadístico en la línea de galvanizado, y de esta forma mantener los beneficios de la mejora.

Al cierre de esta etapa se incorporará a Knight S.A.S. las lecciones aprendidas, y se promoverá la gestión de proceso a través de la Metodología Seis Sigma como estrategia para la mejora continua.

1.5 Alcances y limitaciones

El alcance del presente proyecto es proponer de manera metodológica la implementación de las herramientas pertinentes de Six Sigma, aplicadas a la línea de galvanización de la planta de producción de Knight S.A.S, inicia con la definición de la problemática, se continúa de la metodología DMAIC y finaliza con el plan de mejora. Se evaluarán las implicaciones a nivel económico, organizacional y productivo.

CAPITULO # 2

En este capítulo se describen los conceptos básicos que se emplearan en el desarrollo del presente proyecto; los cuales se detallan en el marco de referencia, el marco legal y el marco geográfico. El marco de referencia contiene el marco conceptual y el marco teórico. En el marco conceptual se definen los conceptos o términos que se consideran relevantes y que serán utilizados a lo largo de la ejecución del trabajo. El marco teórico contiene la revisión bibliográfica de la filosofía que se está utilizando, Six Sigma y del plan de mejora. Para Six Sigma se parte de una revisión sus inicios, se continúa con la definición general, se sigue con la descripción de las etapas del ciclo DMAIC y se finaliza con las herramientas estadísticas. Para el plan de mejora se describen sus principales componentes y los pasos a seguir en su realización. El marco legal contiene las bases legales que sustentan el objeto de estudio, en este caso aplican las normas ASTM, que determinan los requerimientos técnicos aplicables a los productos fabricados en la línea de galvanización. Para terminar se define el marco espacial, en donde se especifica donde se ejecutara geográficamente el proyecto.

La información de cada uno de los marcos descritos anteriormente, será extraída de artículos, libros y otros documentos aplicables a cada tema, con la finalidad de guiar la investigación a la problemática, evitando así desviaciones del planteamiento inicial.

2. Marco de Referencia

2.1 Marco conceptual

A continuación encontramos los términos asociados al proyecto.

- Acero: Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad. Este material es versátil, resistente y con capacidad para ser reciclado. El acero

también puede ser empleado en una amplia gama de ambientes que incluyen temperaturas extremas y en climas tanto cálidos como húmedos.

- Corrosión: Es el proceso de destrucción o deterioro químico de un material por la reacción con el medio que lo rodea.
- Corrosión Blanca: Es la transformación del cinc depositado sobre la superficie metálica de una pieza, en cinc hidratado. Esto se presenta como un polvillo blanco indicativo de que ha desaparecido el poder sellante del pasivante.
- Especificación: Documento técnico que establece las disposiciones y requerimientos para las actividades de construcción y/o mantenimiento, materiales y servicios necesarios para la ejecución de las obras más frecuentes, en las que se incluyen las condiciones de recibo, medida, tolerancias y pago.
- Galvanizado: Es el proceso mediante el cual se cubre un metal con otro, con el fin de evitar que la abrasión y corrosión lo afecte. Hay dos tipos de procesos a través de los cuales se puede realizar: galvanizado por inmersión en caliente y el galvanizado en continuo.
- Galvanizado por inmersión en caliente: Sistema de recubrimiento por inmersión en un baño de zinc fundido, aplicado sobre el acero adecuadamente limpio, ya sea como un proceso general o continuo, su principal función es proteger las estructuras de acero contra la corrosión.
- Producto no conforme: La desviación de una característica de la calidad respecto a su valor pretendido, con una severidad suficiente

para hacer que un producto o servicio no cumpla las especificaciones.
(Besterfield, 2010)

- Six Sigma: Es un programa para la gerencia de calidad que busca alcanzar niveles Six Sigma en sus procesos. Apunta a tener un número total de fallas en la calidad o fallas en la satisfacción del cliente por debajo de la sexta sigma en una distribución normal. Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permitan eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Adicionalmente, otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.
- Zinc: El zinc es un mineral esencial para la sociedad moderna. Se usa como revestimiento contra la corrosión en el acero, para fabricar componentes de precisión, como material de construcción para producir bronce y caucho, en la elaboración de productos farmacéuticos y cosméticos, en fertilizantes y suplementos alimenticios.

2.2 Marco teórico

El marco teórico contiene la revisión bibliográfica de los temas específicos que se van a tratar en el presente proyecto, Six Sigma y Planes de mejora. Se documentó información de autores conocidos en cada tema, se destaca Sung con su libro Sigma Framework: DMAIC Process, LSSI con las diapositivas del curso Black Belt y el artículo plan de mejoras-herramientas de trabajo de la Agencia nacional de evaluación y acreditación de la calidad.

2.2.1 Six Sigma

Six Sigma inicio como un programa diseñado y dirigido por Bill Smith con el apoyo del CEO Bob Galvin, fue implementado en 1988 por Motorola. El objetivo de este programa fue reducir la variación de los procesos hasta alcanzar una fracción defectuosa media de 3.4 ppm (partes por millón, 3.4 defectos por cada millón de oportunidades); dicha reducción de la variabilidad se consiguió empleando métodos estadísticos (diseño de experimentos, ANOVA, regresión, gráficos de control, etc.) y también otras herramientas no estadísticas (AMFE, QFD, 7M) combinado con técnicas de gestión de procesos.

Posteriormente, de la mano de Mikel Harry y Leonard Schroeder, Six Sigma se extendió con éxito a otras grandes empresas, como Allied Signal, Polaroid y sobre todo, a la compañía presidida por el famosísimo Jack Welch, General Electric.¹¹

El éxito de Six Sigma en General Electric supuso el espaldarazo total que este necesitaba y a partir de ahí empezó una mimetización por casi todas las grandes corporaciones norteamericanas. Naturalmente aquellas empresas que se limitaron a seguir “la moda” de manera frívola no alcanzaron los éxitos previstos, mientras que aquellas que entendieron y adaptaron las esencias de Seis Sigma, consiguieron mejoras en sus resultados de calidad y su posición competitiva.

Si bien no existe una definición de Six Sigma con reconocimiento formal por parte de todos sus practicantes, Mikel Harry define Seis Sigma como “un proceso de negocio que permite a las empresas mejorar tremendamente su cuenta de resultados mediante el diseño y seguimiento diario de las actividades cotidianas de manera que se minimice el desperdicio a la vez que se maximiza la satisfacción del cliente”. Al analizar dicha definición se puede apreciar que esta se encuentra ligada a la rentabilidad financiera de una organización, atacando de manera directa la reducción de los desperdicios y logrando así, el aumento de la satisfacción del cliente.

Filosofía Six Sigma

Six Sigma es una filosofía de calidad basada en la asignación de metas alcanzables a corto plazo enfocadas a objetivos a largo plazo. El objetivo a largo plazo es el de diseñar e implementar procesos más robustos en los que los defectos se miden a niveles solamente unos pocos por millón de oportunidades. Seis Sigma proporciona medidas que se aplican tanto a las actividades de producción como de servicios; los defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Los esfuerzos Six Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo de ciclo
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas se ven reflejados en ahorros de costos para los negocios, así como oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa excelente en productos y servicios. Por lo cual Six Sigma se convierte en una filosofía organizacional, que trasciende en cada una de las áreas operacionales de la misma e involucra mejoras importantes, más allá de simplemente medir o analizar los procesos.

Como sistema de dirección, Six Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que ésta desempeña, ni impulsado por los mandos intermedios. Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Six Sigma están poniendo más responsabilidad a través del “empowerment” y la participación, en las manos de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes.

Six Sigma puede ser enfocado desde dos grandes perspectivas:

- Estrategia del Negocio: No es un secreto que el fin de una organización es ser rentable, pero más allá de eso, también busca trascender en el tiempo y mejorar el nivel de vida de sus empleados, accionistas y la comunidad en la que se desenvuelve. Seis sigmas se encuentran alineada a este fin último a través de los siguientes enfoques:
 - ✓ Benchmarking. Six sigma pueden ser utilizado como un patrón para comprar diferentes niveles de calidad entre diferentes procesos o compañías y tomar las acciones necesarias para ser el mejor en el giro industrial.
 - ✓ Meta: Tradicionalmente la meta de Six Sigma se conoce como llegar a cero defectos (0.0002 ppm de defectos), lo cual se ve reflejado en el incremento de la rentabilidad del negocio sustentado con una filosofía de mejora continua.
- Metodología de solución de problemas o proyectos: Esta perspectiva es la parte dura del enfoque de Seis Sigma, ya que incluye dos aspectos:
 - ✓ Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar): Esta metodología debe ser utilizada en toda la organización para atacar proyectos de mejora o para solucionar problemas dentro de la organización, siempre y cuando la magnitud de los mismos lo ameriten, o cuando no se conozca la causa raíz que está originando el efecto no deseado.
 - ✓ Herramientas: A través de la aplicación de herramientas no estadísticas (diagramas de flujo, matriz de causa efecto y AMEF entre otras) y de estadísticas básicas y avanzadas (Paretos, Inferencia estadística, distribuciones de probabilidad, gráficos de control y diseño

de experimentos, entre otras) la metodología DMAIC ordena la aplicación de estas para maximizar los resultados.

Parámetro estadístico Six Sigma

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menos será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto, fijados unos límites de especificación por el cliente, superior e inferior, respecto al valor central objetivo; cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones y, por tanto, el número de defectos.

El Six Sigma se basa en la estadística, por lo tanto es de vital importancia que los datos sean confiables y los análisis estadísticos recobran gran importancia a la hora de realizar un plan de acción. De esta manera la recopilación, el ordenamiento y la evaluación de la información es una de las labores más arduas e importantes del modelo.

Siempre que la medición esté dentro del intervalo de la Tolerancia Superior (LSL) y la Tolerancia Inferior (USL) (véase Figura 1.) se dice que el producto o servicio es conforme o de calidad. En este caso se siguen las ideas de Crosby, quien considera la calidad como sinónimo de cumplimiento de las especificaciones.

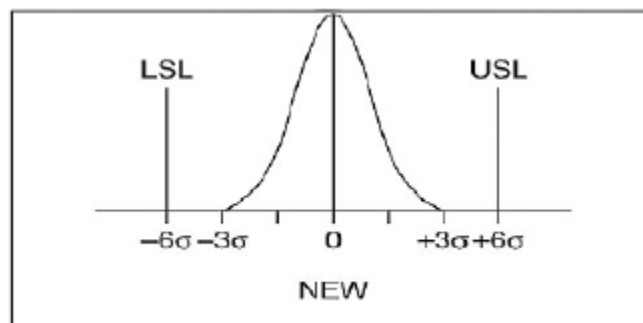


Ilustración # 7. Grafica de distribución normal de datos (GUTIERREZ,2015)

La grafica de Six Sigma es utilizada para demostrar el nivel real y potencial de defectos registrados durante el proceso de variación y la media que se obtiene. En la gráfica se muestra que el proceso de variación está situado en el lugar de la media, siendo el lugar donde el proceso estará cambiando en pequeña escala. El objetivo de 6σ es obtener la menor cantidad de defectos. La media es el indicador que permite conocer el punto central del proceso de variación, que indica que en variación cero no se presenta alguna alteración del proceso.

Los procesos son evaluados con base a criterios que se representan en niveles (Six Sigma: desde el nivel 1σ al nivel 6σ), obteniéndose la distribución de datos y los porcentajes de error en la gráfica.

El área bajo la curva indica los niveles y valores, con porcentajes de confiabilidad diferentes, que van desde 68.27 % (nivel 1σ) hasta 99.999943% (nivel 6σ). El área bajo la curva comprende el valor de la media de los datos y las desviaciones hacia la izquierda y derecha que dependen del nivel de confiabilidad (procesos de variación), donde están distribuidos los datos. Los niveles Six Sigma están ubicados en la parte derecha e izquierda de la media, indicando el rango de distribución de los datos y se analizan ambos lados de la gráfica.

La representación gráfica de la distribución normal de los datos es analizada y con base en ella, se obtienen los resultados del proceso y se toman las decisiones adecuadas para las mejoras respectivas.

Dhirendra Kumar explica cómo se calcula el valor sigma mediante el cálculo de la desviación estándar de la muestra en la siguiente ecuación (Martínez, 2012, 14):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

Donde:

S =desviación estándar de la muestra

X_i = datos de la muestra, $i= 1, 2, 3, \dots$

\tilde{X} = promedio de la muestra (media).

n = número de datos de la muestra.

Como afirman los autores Barba, Boix y Cuatrecasas, al reducir el número de defectos del producto o servicio, logrando un mayor nivel de sigmas, se reducirán al mínimo los costos asociados a los problemas de calidad que presente la empresa. La variabilidad matemática y la productividad son inversamente proporcionales, por esta razón la metodología Six Sigma busca la corrección de las fallas para tener menos defectos por millón de productos.

Herramientas estadísticas en el Six Sigma

Los procesos de producción requieren vencer una serie de dificultades en el trabajo que se realiza día a día.

Six Sigma se apoya en la metodología DMAIC, la cual a su vez se desarrolla por medio de diferentes técnicas de mejoramiento continuo. Es así entonces como la metodología DMAIC toma un problema específico con una causa desconocida y propone soluciones de mejora definitivas; así mismo, identifica oportunidades que sean útiles para mejorar la calidad de los procesos, realizando un seguimiento y control a las mejoras y soluciones propuestas.

Existen Siete Herramientas Básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la Calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los distintos contextos de una organización.

- Hoja de Control

La Hoja de Control u hoja de recolección de datos, también llamada Hoja de Registro, sirve para reunir y clasificar la información según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las categorías que los caracterizan, se registran estas en una hoja, indicando la frecuencia de observación.

- Histogramas

El Histograma de Frecuencia, es una herramienta estadística que se utiliza para representar la distribución de variables. En este gráfico las bases de cada barra indican los intervalos de valores de la variable que se estudia. La altura de cada barra es la frecuencia de ocurrencia de intervalo de valores de dicha variable.

Las variaciones observadas en los resultados de un proceso de trabajo influyen en la calidad del producto o en el servicio que se presta, variaciones que a su vez son determinantes en el nivel de satisfacción del cliente.

- Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que os genera.

Según el concepto de Pareto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Está basada en el conocido principio de Pareto, esta es una herramienta en la que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial.

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

- Diagrama da Causa y Efecto

El diagrama de causa - efecto o Gráfico de Ishikawa, también llamado comúnmente “espina de pescado”, tiene como propósito representar gráficamente las relaciones entre un “efecto” (problema), y todas las posibles “causas” (factores) que la producen. Se elabora para elevar el nivel de comprensión de un problema u oportunidad.

El diagrama de Causa - Efecto, proporciona una descripción de las causas probables de un problema, lo cual facilita su análisis y discusión. También puede utilizarse como herramienta para representar propuestas de resolución de problemas.

Para la elaboración del diagrama previamente se debe:

- ✓ Identificar el problema específico a ser resuelto.
- ✓ Desarrollar un claro entendimiento del proceso.
- ✓ Descomponer el problema en sus posibles partes.

- Estratificación

La estratificación es una herramienta que facilita la disposición de la información según su afinidad de características buscando mediante la

agrupación de datos facilitar su tratamiento, también es ampliamente utilizada cuando lo que interesa conocer es el comportamiento de grupos de datos y no de valores individuales; está inmersa en casi todas las demás herramientas, desde las hojas de registro hasta los gráficos de control.

- Diagrama de dispersión

Esta es una herramienta que permite estudiar la relación de correspondencia entre dos variables. Para elaborarlos se sigue el siguiente procedimiento:

Hay que reunir pares de datos (x, y) cuyas relaciones se desee estudiar y organizar, esta información se registra en una tabla. Es aconsejable por lo menos tener 30 pares de datos.

- ✓ Encontrar los valores máximo y mínimo para x y y , delimitar y definir las escalas que va a usar en los ejes horizontal y vertical de manera que ambas longitudes sean aproximadamente iguales, lo cual hará que el diagrama sea más fácil de leer. Colocar en el eje x la variable que corresponde al factor y en el eje Y la característica de calidad.
- ✓ Registrar los datos en la gráfica.
- ✓ Registrar todos los elementos que ayudan a darle mayor claridad al diagrama: títulos, periodo de tiempo, número de pares de datos, rótulos, etc.
- ✓ Calcular los coeficientes de correlación y ecuación de la curva.

- Análisis 5 ¿Por qué?

En análisis de los Cinco Por Qué, es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Lo anterior, podría resultar en una falla al identificar las causas principales más probables del problema, debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad.

La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

- Gráfica de Control

Para que un producto cumpla con los requerimientos del cliente generalmente deberá fabricarse con un proceso que sea estable. Para ser más específicos, es necesario que el proceso opere con poca variabilidad en las dimensiones nominales de las características de calidad. Las técnicas y herramientas usadas se agrupan dentro de lo que se conoce como Control Estadístico de Procesos (CEP).

Una de esas herramientas es el grafico de control, y se define como una representación gráfica acotada del comportamiento de las características representativas del desarrollo de un proceso en el tiempo. En los casos que los valores de la característica excedan los valores de las cotas se procede a determinar las causas asignables a este comportamiento y atacarlas, y de esta manera mantener el proceso bajo control estadístico.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras cualitativas y no cuantitativas como son:

- ✓ La lluvia de ideas (Brainstorming)
- ✓ La Encuesta
- ✓ La Entrevista
- ✓ Diagrama de Flujo
- ✓ Matriz de Solución de Problemas

Las siete herramientas sirven para:

- ✓ Detectar problemas
- ✓ Delimitar el área o proceso problemático
- ✓ Validar la veracidad de las causas raíces
- ✓ Confirmar los efectos de mejora

Team Charter

Es un término del inglés que traduce “acuerdo del equipo” o “carta del equipo”; con el “Team Charter” podemos identificar el problema y los objetivos del proyecto, e identificar los motivos por los cuales el desarrollo de dicho proyecto es importante desde el punto de vista financiero. En él, también se plantea un plan con las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

Project Charter

Es un término del inglés que traduce “carta o contrato de proyecto”; el contrato de proyecto es un documento que proporciona el propósito y las metas a un equipo de proyecto, explica lo que se espera del equipo, mantiene al equipo enfocado y mantiene al equipo alineado con las prioridades de la organización.

SIPOC

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo manteniendo una perspectiva general del proceso:

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso
- Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

Matriz de la Voz del Cliente (VOC)

La voz del cliente sirve para describir el proceso de la captura de los requisitos de un cliente. En concreto, la voz del cliente es una técnica de investigación de mercado que permite identificar lo que el cliente quiere y necesita, su propósito es ayudar a una organización con la innovación y ayudar a la empresa para servir a los clientes con nuevo productos y servicios, lo que conduce a obtener lealtad y aumento de los beneficios para el organización.

AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren los fallos. Para cada fallo, se hace una estimación de su efecto sobre todo el sistema y su seriedad. Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de fallo,

o minimizar su repercusión. Puede ser muy técnico (cuantitativo) o no (cualitativo), y utiliza tres factores principales para la identificación de un determinado fallo. Éstos son:

- Ocurrencia: frecuencia con la que aparece el fallo
- Severidad: la seriedad del fallo producido
- Detectabilidad: si es fácil o difícil detectar el fallo.

Efectividad General del Equipo (OEE)

Es un indicador que mide la condición operativa y la fiabilidad de un proceso respecto al nivel de operación deseado. Le puede mostrar qué tan bien está usted utilizando los recursos, incluyendo el equipo y la mano de obra, para satisfacer a los clientes al cumplir con sus requerimientos de suministro y calidad del producto.

La OEE se calcula al multiplicar tres factores: disponibilidad, productividad y calidad.

$$\% \text{ OEE} = (\% \text{ disponibilidad}) * (\% \text{ Productividad}) * (\% \text{ Calidad})$$

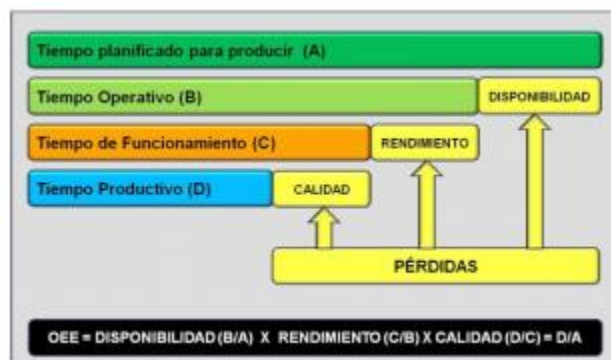


Ilustración # 8. OEE (LSSI, 2015)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(B)}{(A)} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Planificado}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(C)}{(B)} = \frac{\text{Tiempo Funcionamiento}}{\text{Tiempo Operativo}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{(D)}{(C)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Funcionamiento}}$$

Modelo Toma de Decisión Kepner Tregoe

Los autores de este modelo parten de la generación de problemas para explicar la toma de decisiones: para que exista un problema no sólo debe darse la condición de desequilibrio, también es necesario que alguien piense que la desviación es lo suficientemente importante como para corregirse. El tomar la mejor decisión implica seguir una secuencia de procedimientos que se basan en otros siete conceptos: Se deben establecer primero los objetivos de una decisión; los objetivos se clasifican conforme a su importancia (obligatoria o deseada; se desarrollan acciones alternativas; las alternativas se valoran respecto a los objetivos establecidos; la elección de la alternativa con mejor capacidad para lograr todos los objetivos representa la decisión tentativa; la decisión tentativa se examina para determinar las futuras consecuencias adversas posibles; por último, los efectos de la decisión final se controlan tomando diferentes medidas, teniendo en cuenta las posibles consecuencias adversas que pueden transformarse en problemas y asegurándose de que las acciones adoptadas se llevan a cabo.

Periodo de Recuperación (PAYBACK)

Se define como el número esperado de tiempo que se requiere para recuperar una inversión original (el costo del activo), es decir, es la cantidad de periodos que han de transcurrir para que la acumulación de los flujos de efectivo iguale a la inversión inicial.

Es el método más sencillo y formal, y el más antiguo utilizado para evaluar los proyectos de presupuesto de capital.

Para calcular el periodo de recuperación en un proyecto, sólo debemos añadir los flujos de efectivo esperados de cada año hasta que se recupere el monto inicialmente invertido en el proyecto. Se suele aceptar la inversión si el PAY BACK está por debajo de la mitad del horizonte temporal de nuestra inversión.

VAN (Valor Actual Neto)

El cálculo del VAN es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Si su valor es mayor a cero, se considera que el proyecto es rentable, si es menor que cero el proyecto no debe acometerse, y si es igual a cero habrá que analizar otros indicadores para valorar la viabilidad del proyecto.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero. Se considera que un proyecto es viable si la TIR es superior a la tasa de descuento del VAN.

Capacidad de proceso

De acuerdo con el Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos (1990), la capacidad del proceso es la determinación de si dicho proceso es capaz de satisfacer las especificaciones que generalmente se establecen con el cliente, dada la variación natural.

El índice de capacidad simple o potencial del proceso (C_p), relaciona la diferencia entre los límites de especificación permitidos ($LSE - LIE$), con la diferencia algebraica de tres veces la desviación estándar a la izquierda y a la derecha de la media, lo que resulta en 6σ (Seis Sigma).

En términos de estimaciones, esto es:

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6\sigma}$$

Se puede observar que C_p no indica qué tanto se centra o acerca el promedio del proceso al valor deseado, por lo que se tiene el CP_k definido como la capacidad real del proceso que está dada por:

$$C_{pk} = \min \{ C_{pl}, C_{pu} \}$$

En donde:

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} \quad \text{y} \quad C_{pu} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

C_{pl} y C_{pu} son los índices de capacidad correspondientes a los límites de especificación inferior y superior respectivamente, el CP_k hace referencia al menor índice (mínimo entre C_{pl} y C_{pu}) y con este se percibe el descentramiento hacia uno de los límites, mostrando la falla potencial en el proceso productivo. De esta manera, no solo se mide la variación del proceso con respecto al rango permitido, sino que también se evidencia la ubicación de la media del proceso.

Análisis de Valor Agregado

El Análisis de Valor Agregado es una herramienta para medir la eficiencia de los procesos. Entendiendo como proceso al conjunto de actividades que generan valor.

Valor es la percepción que tiene un cliente sobre la capacidad de un producto o servicio de satisfacer su necesidad.

El análisis de valor agregado permite identificar costos de fabricación sin afectar la funcionalidad, duración o apariencia del producto o servicio, y ayuda a establecer la relación proporcional entre dichas actividades, las cuales se dividen en actividades de valor agregado y actividades de no-valor agregado.

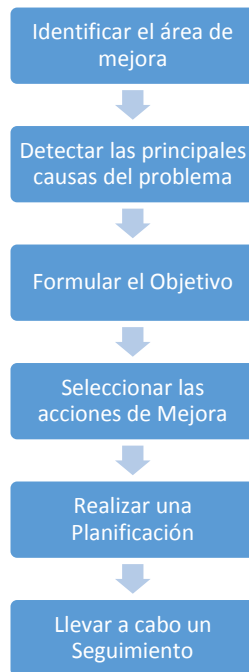
El objetivo del análisis consiste en: eliminar de los procesos, las actividades que no agregan valor; combinar las actividades que no pueden ser eliminadas para que sean ejecutadas de la forma más eficiente con el menor costo posible; y mejorar las actividades restantes que no agregan valor.

2.2.2 Plan de Mejora

El plan de mejora se constituye como un objetivo importante del proceso de mejora continua, y por tanto, en una de las principales fases a desarrollar dentro del mismo. La elaboración de dicho plan requiere el respaldo y la implicación de todos los responsables que, de una u otra forma, tengan relación con el problema que se requiere resolver.

El plan de mejora integra la decisión estratégica sobre cuáles son los cambios que deben incorporarse a los diferentes procesos analizados, para que estos sean traducidos en mejores resultados dentro del proceso. Dicho plan, además de servir de base para la detección de mejoras, debe permitir el control y seguimiento de las diferentes acciones a desarrollar, así como la incorporación de acciones correctivas ante posibles contingencias no previstas. Para su elaboración es necesario establecer los objetivos que se proponen alcanzar y diseñar la planificación de las tareas para conseguirlos.

Los pasos a seguir para realizar un Plan de Mejora son:



El plan de mejoras permite:

- Identificar las causas que provocan las debilidades detectadas.
- Identificar las acciones de mejora a aplicar.
- Analizar su viabilidad.
- Establecer prioridades en las líneas de actuación.
- Disponer de un plan de las acciones a desarrollar en un futuro y de un sistema de seguimiento y control de las mismas.
- Negociar la estrategia a seguir.
- Incrementar la eficacia y eficiencia de la gestión.
- Motivar a mejorar el nivel de calidad

2.3 Marco legal

- Normas ASTM

ASTM como su sigla lo indica American Society For Testing And Materials es una organización de desarrollo de normas internacionales establecida en 1898, en

donde se reúnen productores, usuarios consumidores, entre otros, para crear normas consensuales voluntarias. Las normas ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement (Convenio de obstáculos técnicos al comercio de la organización mundial de Comercio). El proceso de creación es abierto y transparente, lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales en una decisión consensual global. El principal uso es en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales alrededor del mundo. Son los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.

Actualmente existen 15 secciones de ASTM:

1. Productos de hierro y acero
2. Productos de metales no ferrosos
3. Métodos de pruebas para metales y procedimientos analíticos
4. Construcción
5. Productos del petróleo, lubricantes y combustibles fósiles.
6. Pinturas, recubrimientos e hidrocarburos aromáticos
7. Textiles
8. Plásticos
9. Caucho
10. Aislamientos eléctricos y electrónicos
11. Tecnología de agua y medio ambiente
12. Energía solar, nuclear y geotérmica
13. Equipos y servicios médicos
14. Métodos generales e instrumentación
15. Productos generales, especialidades químicas y productos de uso final

Para el presente proyecto las normas que se utilizaran pertenecen al sector número 1 (productos de hierro y acero); las más relevantes son:

ASTM A 475: Especificación estándar para hilo de alambre de acero recubierto de zinc.

ASTM B 498: Especificación estándar para alambre de núcleo de acero recubierto de zinc para su uso en conductores eléctricos aéreos.

ASTM B 500: Especificación estándar para el núcleo revestido metálico del acero trenzado o revestido del aluminio para el uso en conductores eléctricos aéreos.

2.4 Marco Geográfico

El proyecto se realizará en la empresa Knight S.A.S ubicada en zona franca Tayrona en la ciudad de Santa Marta, departamento del Magdalena. A 3 km de la sociedad portuaria, esta cercanía es la principal ventaja en la logística de importaciones. Los países a los cuales actualmente se exporta son: Brasil, Perú, Bolivia, Ecuador, Chile, Paraguay, Costa Rica, México, Honduras, Guatemala, Panamá, Nicaragua, El Salvador, Estados Unidos, Holanda, Inglaterra.

2.5 Análisis bibliográfico

La bibliografía utilizada como fuente de información del presente proyecto, contempla los manuales y libros existentes sobre la herramienta Six Sigma y la metodología DMAIC. Fue de vital importancia el libro Yellow Belt de Lean Six Sigma Institute, su contenido nos orientó de manera fácil a establecer el paso a paso de la metodología DMAIC y cada una de las herramientas que se requieren utilizar en las etapas. La información de estas herramientas también se complementó con libros de estadísticas y gestión de calidad. Con respecto al plan de mejora se

Adicional a los manuales también se extrajo información de proyectos que han implementado esta metodología en su ejecución y cuyo objetivo fue la mejora de procesos productivos con alta generación de producto no conforme. Por ejemplo,

el proyecto de grado de Juan Ortiz en la empresa Eternit, su objetivo final fue la reducción del porcentaje de producto no conforme por adherencia o incrustación en la línea de fibrocemento.

2.6 Conclusiones con respecto a su referente

La filosofía seleccionada para la ejecución de este proyecto es Six Sigma y su Ciclo DMAIC. Esta selección fue basada en la problemática actual, incremento de defectos y su objetivo final, plan de mejora para reducir la variabilidad del proceso. Six sigma a diferencia de otras metodologías como Lean Manufacturing, Ciclo PHVA, ataca dos perspectivas al mismo tiempo. La primera perspectiva tiene que ver con los requerimientos técnicos de análisis y evaluación, de ahí que la metodología basa su accionar en herramientas estadísticas. La base estadística permite la reducción considerable en la variabilidad de los procesos haciendo que los límites de especificación estén a seis desviaciones estándar de la media. Este comportamiento garantiza que la probabilidad de errores sea improbable.

La segunda perspectiva apunta a la reducción de defectos, perspectiva que tiene que ver más con el enfoque al cliente, porque busca satisfacer sus necesidades generando producto y/o servicios que cumplan con sus requerimientos.

Lo más importante es que esta herramienta ha sido utilizada por un gran número de empresas a nivel mundial (Motorola), las cuales se han visto en situaciones poco favorables para su futuro empresarial y en la aplicación de proyectos Seis Sigma han encontrado salvación para sus organizaciones.

CAPITULO # 3

En capítulo # 3 se desarrolla la filosofía Six Sigma a través de la implementación de la metodología DMAIC. Se incluyen las etapas Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. En cada una de ellas se incluyen las herramientas de análisis y los resultados obtenidos que permitieron diseñar el plan de mejora de la línea de Galvanización de Knight S.A.S

3. Implementación de la filosofía Six Sigma

El desarrollo de este proyecto se lleva a cabo a partir de la filosofía Six Sigma, la cual se enfoca en la implementación de proyectos de mejora, con el objetivo de reducir la inestabilidad de los procesos y los defectos asociados a ellos. De tal manera que se genere un impacto significativo en la rentabilidad y en el crecimiento del negocio.

Existen tres enfoques principales para la implementación de esta filosofía, la mejora de la satisfacción del cliente, la reducción de los tiempos de reproceso y la reducción de defectos, siendo este último el enfoque en el cual el grupo de trabajo se centrará para el desarrollo del plan de mejora.

La metodología DMAIC de la filosofía Six Sigma engloba 5 fases que ayudan a recolectar información acerca del comportamiento de los procesos. Estas cinco fases se conocen como Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. A continuación se especificarán cada una de las actividades y la información obtenida durante el desarrollo del proyecto.

3.1 Definir

En esta etapa se identifica la problemática, se delimita el alcance y horizonte de tiempo de las metas propuestas. También se define el equipo de trabajo y las personas que colaborarían durante la implementación de la metodología Six Sigma y se estudia al detalle el proceso de galvanización. Las herramientas que se emplearán serán el análisis 5W y 1H, Project Charter, mapa de proceso y SIPOC.

3.1.1 Identificación de la problemática

De acuerdo a lo mencionando en el capítulo # 1 en la definición de la problemática del presente proyecto, la línea de galvanización de Knight S.A.S durante los últimos 3 años ha presentado una alta generación de producto no conforme en comparación con las otras líneas Alambre Brillante y PC, 61% para el 2014, 43% para el 2015 y 59% en 2016, del total generado. Adicional a esto el procedimiento de manejo de producto No Conforme que tiene implementado la empresa, involucra dar disposición al producto y dependiendo del destino que se asigne la empresa tiene que asumir costos adicionales que afectan a nivel financiero la rentabilidad. Estos costos en comparación con los generados por las otras líneas han sido: para el 2014 \$663.837.500 (68% del total generado), para el 2015 \$425.681.295 (58% del total generado) y para el 2016 \$919.2925.496 (79% del total generado).

3.1.2 Las 5 W y 1 H

El método 5W y 1H es una herramienta de análisis que apoya la identificación de los factores y condiciones que provocan una problemática. Las 5 W vienen del inglés y son Who, What, Where, When, Why (quién, qué, dónde, cuándo, por qué), el H es How (Como).

Para el presente proyecto se reunió al equipo de trabajo conformado inicialmente y se plantearon las siguientes preguntas:

WHAT?, ¿Qué problema tiene la línea de galvanización?

La línea de galvanización durante los últimos 3 años de producción ha tenido una alta generación de producto no conforme, que supera el indicador meta establecido por la empresa: máximo el 5% de material defectuoso por tonelada procesada y el resultado obtenido ha sido alrededor del 20%. Por tal motivo, los volúmenes de producción han disminuido en un 30%, el costo de no calidad por las disposiciones dadas a los productos defectuosos, en comparación a las otras líneas de producción

se ha incrementado a un 60% aprox. Y la pérdida de clientes está alrededor de 3 a 4 por año.

En resumen, la línea tiene una problemática de calidad que afecta a nivel financiero, productivo y comercial.

WHEN?, ¿Cuándo ocurre la problemática?

La problemática ocurre cuando en el proceso de galvanización se genera un producto no conforme que incumple con las especificaciones requeridas por el cliente y al cual se le debe dar una disposición que involucra costos adicionales y pérdida en la capacidad de producción.

WHO?: ¿Quién es el responsable?

Los responsables son todas las personas que forman parte del proceso de galvanización y comparten responsabilidad en la generación de producto no conforme. Esto incluye: Gerente, Jefes, supervisores, aseguradores y operadores. Es decir, personal tanto administrativo como operativo.

WHERE? ¿Dónde ocurre?

La generación de producto no conforme sucede en cualquiera de las etapas del proceso productivo: cargue, preparación de superficie, aplicación del recubrimiento, descargue y empaque final. Y también se presenta en procesos administrativos como lo son gestión de producción, gestión de compras, gestión logística, gestión de mantenimiento y gestión de talento humano.

WHY?, ¿Por qué ocurre?

El producto no conforme se genera por fallas en los procesos de mantenimiento, producción y personal. Entre las principales causas encontramos:

- Condiciones inadecuadas del proceso productivo

- Equipos deteriorados o en modo falla por malas intervenciones de mantenimiento.
- Malas prácticas de manufactura.
- Personal operativo no capacitado o con capacitación incompleta.
- Procedimientos mal estructurados.

HOW? ¿Cómo se detecta?

El producto no conforme se detecta durante la fabricación, en el momento de realizar la inspección de aprobación o en la inspección en la bodega de producto terminado. El asegurador de calidad es el encargado de revisar el defecto, diligenciar el formato y dar disposición inmediata. El área de calidad se da cuenta de la problemática semanalmente, con los reportes de cantidades de producto no conforme y costos de no calidad.

Con la información obtenida de este análisis fue posible identificar factores y condiciones de la problemática actual, es el primer acercamiento a la focalización de sus posibles causas. Las respuestas a las preguntas se tendrán en cuenta en las siguientes etapas de la metodología, específicamente serán la base en el análisis de los 5 porque.

3.1.3 Project Charter

A continuación se encuentra el Project charter, este esquema de presentación del proyecto detalla el enunciado del problema y todos los factores (recursos, personas) involucrados en la iniciativa de mejora que se propone en este trabajo.

1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO	
Título/Propósito	Diseño de un Plan de Mejora de la Línea de Galvanización de Knight S.A.S Basado en Six Sigma.

Planteamiento del Problema	<p>La línea de galvanización de Knight S.A.S tiene como objetivo producir alambres y torones recubiertos con Cinc que cumplan con todas las especificaciones establecidas por los clientes de acuerdo a las normas ASTM A475, B498, B500 Y A 363, garantizando una excelente calidad y una generación mínima de producto no conforme y reclamaciones. Su capacidad productiva de acuerdo a capacidad maquina es de 600 toneladas/mes y sus ventas mensuales de acuerdo al mercado actual están alrededor de 400 toneladas/mes. Sin embargo, durante los 6 años que lleva en operación y en particular partir del año 2014, la generación de producto no conforme ha estado por encima del indicador establecido por la compañía, máximo el 5% del total de la producción pueden ser no conforme. Este incumplimiento ha generado costos adicionales por reprocesos, descarte de producto que sobrepasan los \$500.000.000 millones de pesos al año, inestabilidad económica, pérdidas de clientes y reducción de la capacidad de proceso.</p>
Objetivo	<p>Objetivo general:</p> <p>Diseño de un plan de mejora de la línea de galvanización de Knight S.A.S a través de la implementación de la filosofía de Six Sigma, que permita ajustar el nivel de No Conformes con el fin de disminuir costos adicionales por la disposición y aumentar la capacidad de producción.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un diagnóstico del proceso de galvanización, a partir de la información histórica de la compañía referente al proceso productivo y su generación de producto no conforme, utilizando herramientas como las 5W y 1H, el diagrama de proceso, el diagrama SIPOC y el Project chárter, con el fin de determinar las variables a mejorar. • Medir el nivel sigma del proceso, a partir de la recolección de datos y el análisis de variables por atributos utilizando la herramienta Minitab, con el fin determinar el estado actual del proceso.

	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el comportamiento de las variables del proceso y generación de producto no conforme, a partir de herramientas estadísticas como diagrama Pareto, diagrama de causa y efecto, análisis 5 porque y AMEF que permitan definir las causas directas de la situación problema. • Elaborar un plan de mejora a partir de los resultados del análisis estadístico, con el fin de reducir el porcentaje de producto no conforme y aumentar el nivel sigma del proceso. • Elaborar un plan implementación y control de las acciones de mejora, a partir de indicadores de gestión, que permitan asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas. 	
Alcance	El alcance del presente proyecto es proponer de manera metodológica la implementación de las herramientas pertinentes de Six Sigma, aplicadas a la línea de galvanización de la planta de producción de Knight S.A.S, inicia con la definición de la problemática, se continúa de la metodología DMAIC y finaliza con el plan de mejora. Se evaluarán las implicaciones a nivel económico, organizacional y productivo.	
Impacto en la Empresa	Introducción de una herramienta de mejora continua que trae como resultado la disminución en la generación de producto No Conforme, en los costos de su disposición y aumento en la capacidad de producción.	
Impacto en el Cliente	Mejora en la calidad de los productos, reducción en los tiempos de entrega.	
Foco de Mejora	Área de proceso	Línea de Galvanizado
	Producto	Alambres y Torones
Ahorro Proyectado	Reducción de los no conformes a la meta establecida por la empresa, 5kg/ton.	

2. EQUIPO DEL PROYECTO				
Gerentes	Luis Fernando Castro, Diana Medellin			
Black belt	Rita Peñabaena			
Green Belt	Carmen Berdugo			
Personal de Apoyo	Luis Felipe Serrano (Gerente de planta) Roger Delgado (Jefe de Galvanizado), Gina Escorcia (Jefe de mantenimiento).			
3.METRICAS DEL PROYECTO				
Meticas Operacionales	Indicador de toneladas producto No Conforme. Indicador de toneladas de producto terminado.			
Métricas Financieras	Utilidad operacional, reducción de gastos operativos.			
Métricas Seis Sigma	Nivel Sigma	3,5		
4.CRONOGRAMA DEL PROYECTO				
Duración	5 meses			
Fecha de inicio	28 Julio 2017			
Fecha de finalización	01 Diciembre 2017			
Fases	Actividades	Herramienta	Inicio-fin	Responsable
	Identificación y delimitación del problema	Los 5W y 1H.	28/07/2017 - 07/08/2017	Diana Medellin Luis Castro

Definir	Acta de constitución del proyecto	Project Charter.	28/07/2017 - 07/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
	Mapa de Proceso	Diagrama de flujo – SIPOC	28/07/2017 - 07/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
Medir	Plan recolección de datos	Programas de producción y calidad.	07/08/2017 - 21/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
	Variables críticas	Diagrama Pareto.	07/08/2017 - 21/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
	Nivel Sigma	Datos por Atributos. Herramienta Minitab.	07/08/2017 - 21/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
Analizar	Análisis de Datos	Análisis de criticidad.	21/08/2017 - 28/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
		Análisis 5 ¿Por qué?	21/08/2017 - 28/08/2017	Diana Medellin Luis Castro
		Análisis Causa y Efecto	28/08/2017	Diana Medellin

			- 04/09/2017	Luis Castro
Mejorar	Plan de Mejora	Plan de mejora.	04/09/2017	Diana Medellin
			- 25/09/2017	Luis Castro
Controlar	Plan de Control	- Plan de control y plan de comunicación	25/09/2017 - 16/10/2017	Diana Medellin Luis Castro
	Indicadores de Gestión	- Indicadores de seguimiento.	16/10/2017 - 06/11/2017	Diana Medellin Luis Castro

3.1.4 Mapa de Proceso

El mapa de proceso es una herramienta que permite visualizar gráficamente cada una de las etapas de la línea de galvanización, nos ayuda a entender su secuencia. Esta información permitirá que la fase de medición sea más eficiente ya que están definidas e identificadas todas las etapas, sus variables de entrada y salida. La construcción de este mapa se realizó tomando como base las observaciones realizadas al proceso y sus diferentes actividades.

Iniciaremos con una breve descripción del proceso de Galvanización de la empresa Knight, un diagrama de bloques del proceso y finalmente un diagrama SIPOC que nos permita identificar completamente las interacciones del proceso de galvanización de la empresa Knight.

3.1.4.1 Descripción del proceso de Galvanización

- Alistamiento del material (Lavado General)

Para iniciar el proceso de galvanización es muy importante que se gestione un buen alistamiento del material, con el fin que la galvanización del producto, se logre de manera exitosa. Para lograr la perfecta difusión de la solución de zinc por todo el producto a galvanizar, es necesario que éste, sea preparado; para tal fin el Alambón, materia prima base del proceso, es tratado químicamente con ácido (solución diluida en ácido clorhídrico al 17%) para retirar impurezas (calamina), oxido y grasa, durante 10 a 20 min; luego el alambón es enjuagado para retirar el ácido y posteriormente secado, continua su tratamiento químico con fosfatos para crear una capa que protege al alambón de la corrosión y ayuda al trefilado, finalmente se sumerge en una tina con bórax para que permita acarrear luego el lubricante, el cual facilita el trefilado del alambón.

- Trefilado

Proceso de estiramiento en frio donde la sección transversal del Alambón se reduce o cambia a ser halada a través de un dado cónico por medio de una fuerza de tensión aplicada sobre el material que se ubica a la salida del dado. Esta operación se realiza previo contacto del alambón con el lubricante en polvo (estearato de calcio o estearato de sodio), el cual permite disminuir la fricción entre el alambre y el carburo.

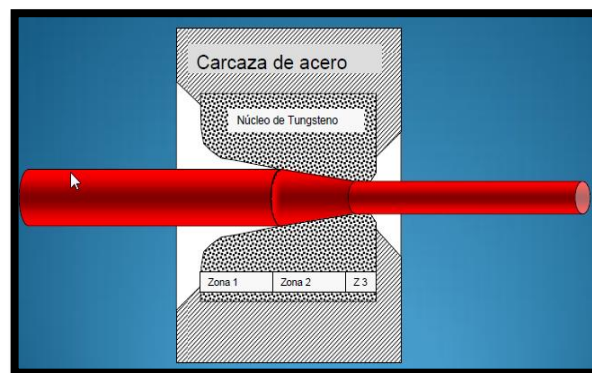


Ilustración # 9. Principio Proceso Trefilado (Autoría propia)

Ya listo el material con el diámetro requerido, se inicia el proceso de galvanización, el cual se describe a continuación.

- Desembobinado

En este paso el alambre que se encuentra en una carreta enrollado y es ubicado en un equipo de desembobinado, el cual toma la punta de este alambre y la hace pasar por varios sistemas mecánicos que lo conducen mientras lo enderezan hacia el siguiente paso del proceso.

- Horno de Plomo

En este proceso el alambre ingresa a un baño que contiene plomo a 400°C, el cual se añade para evitar que se formen residuos sólidos de Zinc en la superficie del alambre.

- Enfriamiento

El alambre después de salir de la tina de plomo debe ser enfriado en un tanque con agua a temperatura ambiente.

- Decapado químico

Se deben retirar del alambre los óxidos que se generan por la exposición al ambiente, esta limpieza se realiza con ácido clorhídrico. El alambre pasa a través de dos tanques que contienen HCl en una concentración del 15 al 18% en volumen.

- Enjuague

Después del decapado químico se debe retirar de la superficie del alambre los residuos de HCl para evitar la contaminación del Fluxado. Esta etapa implica la inmersión en agua durante 1 segundo.

- Fluxado (fundente)

El principal objetivo de esta etapa es facilitar la adherencia del zinc a la superficie del material (hierro o acero) y así prevenir que otros óxidos se formen en la superficie del metal antes de ser galvanizado. Para esto es necesario aplicar un

baño de sales (cloruro de zinc y cloruro de amonio). Este proceso dura de 10 a 20 minutos.

- Secado

Durante esta etapa, la pieza o estructura metálica es secada y preparada para galvanizar esto se hace por medio de la utilización de aire caliente. Se realiza a través de una plancha la cual se encuentra aprox a 40°C.

- Cincado o Galvanizado en caliente

Durante esta etapa, en un baño de zinc fundido al 99.9% de pureza (temperatura de 450°C), el material es completamente sumergido durante el tiempo suficiente para alcanzar la adherencia del cinc a este; el espesor de cinc a adherirse en el material es controlado a través de una adicción de nitrógeno, este gas escurre el cinc del material pasando este por una boquilla donde se gradúa el espesor del cinc a adherir, utilizando el diámetro de la boquilla y al flujo de nitrógeno.

- Aceitado

Se aplica una capa de aceite mineral sobre la superficie del Alambre para evitar la corrosión blanca.

- Embobinado

Finalmente, el alambre pasa por un equipo de embobinado que toma la punta proveniente de la conducción del alambre por el proceso y lo almacena en una nueva carreta.

3.1.4.2 Diagrama de Bloques Proceso Galvanizado

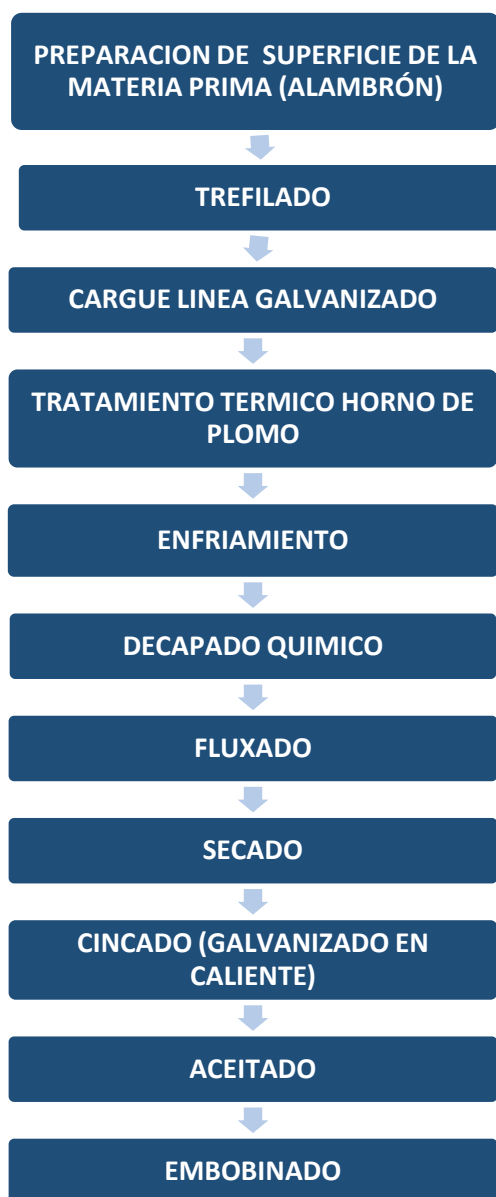


Ilustración # 10. Diagrama de Bloques proceso Galvanización (Autoría propia)

3.1.5 SIPOC

Para la implementación de la herramienta SIPOC, se realizaron reuniones con el equipo de trabajo conformado previamente y las actividades que se ejecutaron fueron las siguientes:

- Identificación de los procesos
- Establecer las entradas del proceso, los recursos necesarios
- Establecer los proveedores de estas entradas al proceso
- Definición del proceso en si
- Establecer quién es el cliente de cada una de las salidas obtenidas

De esta manera se evaluó los proveedores del proceso de la línea de galvanizado, teniendo en cuenta las áreas externas que intervienen directamente en el. De igual forma, se identificaron las entradas como materias primas que están relacionados con el proceso de galvanizado de alambre y torón. Este ejercicio es de gran relevancia para tener claridad del proceso desde su inicio hasta la culminación, para detectar las actividades que no están generando valor y aplicar acciones de mejoramiento. Finalmente se relacionaron las salidas del proceso como desperdicios de materias primas, devoluciones, residuos y demás factores que involucran el desarrollo del proceso para la entrega final al cliente. En la ilustración # 11 se encuentra el diagrama SIPOC:

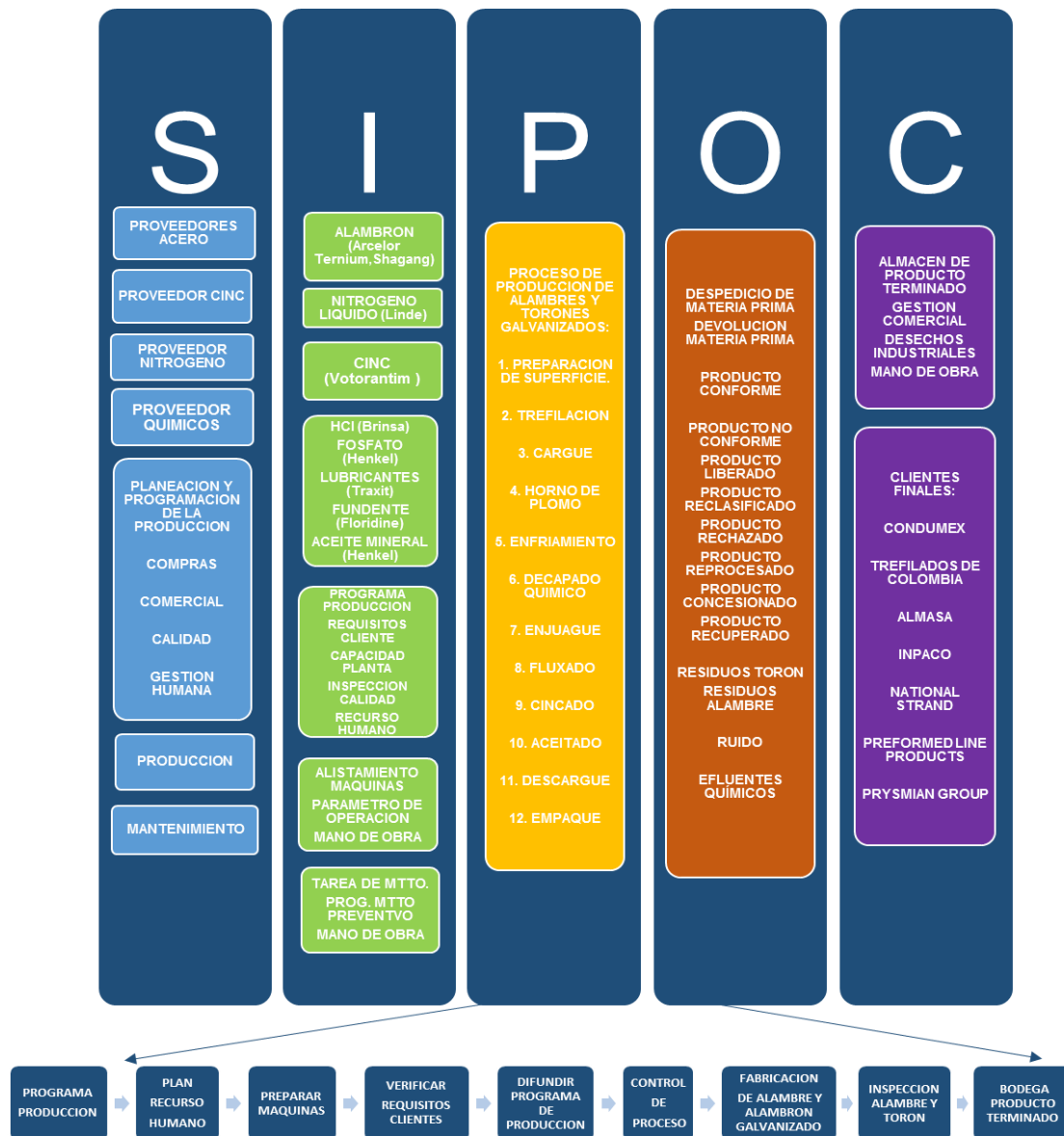


Ilustración # 11. SIPOC proceso Galvanizado (Autoría propia)

El diagrama obtenido de la herramienta SIPOC permite identificar dentro del proceso de galvanizado, las relaciones entre las etapas operativas, las entradas administrativas, los proveedores internos, las salidas de producto no conforme y los clientes externos, por tanto, será más adelante pieza fundamental para establecer las relaciones de causalidad (5 ¿por que?) y por ende de las acciones para lograr las mejoras.

3.2 Medir

Esta etapa se llevó a cabo con el equipo de proyecto y el líder del área funcional de gestión de calidad de Knight, en ella se realizó la recolección principalmente de datos del proceso de galvanizado, tales como número de lote, no conformidad presentada, cantidad en peso defectuosa y cantidad en peso producida en el día; con el fin de medir su comportamiento y establecer los patrones de variación. Se utilizó información histórica de la empresa almacenada en los programas de calidad y producción, los datos obtenidos fueron organizados y analizados mediante diagramas Pareto, dando como resultado los efectos críticos que serán las entradas de la etapa de análisis de la metodología DMAIC. Posterior a este análisis se determinó el Nivel Sigma del proceso utilizando el software estadístico Minitab para el cálculo de datos por atributos.

3.2.1 Recolección de datos

La recolección de datos se obtuvo a través del programa de calidad que la empresa Knight S.A.S tiene implementado para el registro de los análisis de las muestras de producto en proceso y producto terminado; y para el control y seguimiento del producto No Conforme. Este programa llamado SIIC, permite exportar a Excel los resultados obtenidos durante 2014, 2015 y 2016 en generación de productos defectuosos de todas las líneas de producción. La información que es ingresada al programa por el asegurador de calidad se obtiene de la etiqueta azul de Producto No Conforme, que diligencia el operador y/o el asegurador de calidad al momento de detectar el problema (ilustración # 12).

En el formato en mención se lleva los siguientes datos específicos, que permiten correlacionar la no conformidad y hacerle seguimiento:

- Fecha: permite determinar el momento en el cual se evidencia la no conformidad.

- Identificación del producto: este número facilita la trazabilidad hacia atrás del proceso de fabricación del producto.
- Descripción de producto: hace referencia a los tipos de productos que se procesan en la línea de galvanizado, Alambre o Torón.
- Máquina: identifica el equipo o tren de proceso, utilizado para la fabricación del producto.
- Orden de producción: con este número se determina, el tiempo programado de producción, las características y las cantidades de las materias primas e insumos requeridos para cumplir el requerimiento del producto solicitado por el área comercial.
- Tipo de no conformidad: se identifica si la no conformidad que se evidenció en la inspección es de tipo dimensional, por propiedades mecánicas, por recubrimiento, por defectos en la superficie o por defecto en el conformado del producto.
- No conformidad: ya reconocido el tipo de no conformidad se caracteriza de acuerdo al defecto que presenta la muestra, estos defectos se enumeran más adelante.
- Peso: permite cuantificar con la unidad de kilogramos la cantidad de producto no conforme.
- Operador: se identifica al colaborador del área de producción que está presente en el momento de la inspección.




PRODUCTO NO CONFORME

<input type="checkbox"/> BODEGA ALAMBRONES	<input type="checkbox"/> ÁREA DE TORONADO
<input type="checkbox"/> ÁREA DE LAVADO	<input type="checkbox"/> TORON PRETENSADO
<input type="checkbox"/> ÁREA DE TREFILADO	<input type="checkbox"/> EMPAQUE
<input type="checkbox"/> ÁREA DE GALVANIZADO	<input type="checkbox"/> DESPACHO
<input type="checkbox"/> PRODUCTO EN PROCESO	<input type="checkbox"/> PRODUCTO TERMINADO

Con Especificaciones Diferentes

ORDEN DE PRODUCCIÓN:

FECHA: DÍA MES AÑO

PRODUCTO: PESO INICIAL: Kg

MOTIVO DE LA NO CONFORMIDAD:

ASEGURADOR DE CALIDAD

CAUSA DE LA NO CONFORMIDAD

OPERADOR

DISPOSICION DEL PRODUCTO

RESPONSABLE DE CALIDAD

EJECUCIÓN DE LA DISPOSICIÓN

PROCESO: OPERARIO:

FECHA: No. BOBINA

PROCESO: OPERARIO:

PESO FINAL: Kg.

OBSERVACIONES:

Vo Bo JEFE DE ÁREA:

REINSPECCIÓN "NUEVA VERIFICACIÓN"

LIBERADO:	SI	NO	FECHA:	No. BOBINA	NOMBRE ASEGURADOR DE CALIDAD:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

MOTIVO:

NOTA: PRODUCTO APROVADO: EMITA NUEVA ETIQUETA DE PRODUCTO TERMINADO CON EL NUEVO PESO

PRODUCTO RECHAZADO: EMITA NUEVA TARJETA CON IGUAL NÚMERO CONSECUTIVO O EMITA TARJETA ROJA(chatarra).

VIGENCIA: 10/07/2014

F-10117/3

Ilustración # 12. Etiqueta Producto No Conforme (MEDELLIN, 2017)

3.2.2 Tipos de No Conformidades

A continuación se encuentran los diferentes tipos de no conformidades que se pueden presentar en los productos de la línea de galvanización, se dividen en 6 grupos: Dimensionales, propiedades mecánicas, recubrimiento, superficie, conformado, empaque. En cada uno de estos grupos se da una breve explicación del tipo de no conformidad:

3.2.2.1 Defectos Dimensionales

- **Diámetro Bajo:** se presenta cuando el diámetro (d) es menor que el diámetro (D) mínimo requerido por las especificaciones del producto.

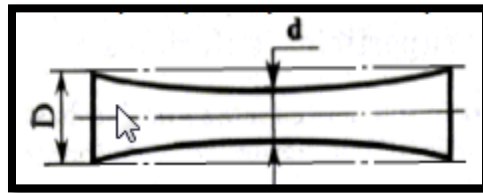


Ilustración # 13. Diámetro Bajo (Autoría propia)

- **Diámetro Alto:** se presenta cuando el diámetro (D) está por encima del diámetro (d) máximo especificado para el producto.

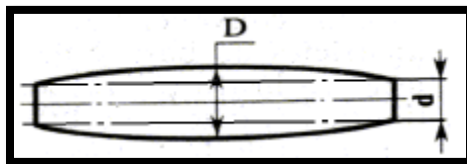


Ilustración # 14. Diámetro Alto (Autoría propia)

- **Diámetro Ovalado:** es cuando la diferencia entre los diámetros máximo (D) y mínimo (d), medidos en una sección transversal es superior a lo especificado para el producto.

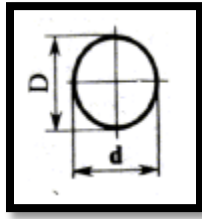


Ilustración # 15. Ovalado (Autoría propia)

- Longitud Por Debajo Del Mínimo: este defecto del producto se presenta cuando la longitud o metraje reportado del producto es inferior a lo requerido por el cliente.
- Longitud Por Encima Del Máximo: este defecto del producto se presenta cuando la longitud o metraje reportado del producto es superior a lo especificado como máximo por el cliente.

3.2.2.2 Defectos De Las Propiedades Mecánicas

- Baja Carga de Rotura: se presenta cuando una muestra del material es sometida a ensayo de tracción y el resultado obtenido está por debajo de las especificaciones mínimas del cliente.
- Alta Carga de Rotura: se presenta cuando una muestra del material es sometida a ensayo de tracción y el resultado obtenido está por encima de las especificaciones máximas del cliente.
- Baja Carga de Rotura: se presenta cuando una muestra del material es sometida a ensayo de tracción y el resultado obtenido está por debajo de las especificaciones mínimas del cliente.
- Alta Carga de Rotura: se presenta cuando una muestra del material es sometida a ensayo de tracción y el resultado obtenido está por encima de las especificaciones máximas del cliente.

- Alta Resistencia: se presenta cuando una muestra del material es sometida a ensayo de tracción y dividimos el resultado obtenido entre el área del producto muestreado resultando por encima de las especificaciones máximas del cliente.
- Baja Carga al 1%: es un defecto que se presenta cuando el acero se deforma en un ensayo de tracción antes de cumplir con el mínimo especificado por la norma o por los requerimientos del cliente.
- Alta Carga al 1%: es defecto que se presenta cuando el acero se deforma en un ensayo de tracción después de cumplir con el máximo especificado por la norma o por los requerimientos del cliente.
- Elongación por Debajo del Mínimo: se presenta cuando realizamos el ensayo de tracción y tomamos la medida para determinar el estiramiento del material resultando por debajo de lo requerido.

3.2.2.3 Defectos por recubrimiento

- Baja Capa de Zinc: Defecto superficial que se presenta cuando el recubrimiento de zinc que se realiza al alambre de acero está por debajo de las especificaciones de la norma o el cliente.



Ilustración # 16. Baja capa de Zinc (Autoría propia)

- Alta Capa de Zinc: Defecto superficial que se presenta cuando el recubrimiento de zinc que se realiza al alambre de acero está por encima de las especificaciones de la norma interna de KNIGHT.



Ilustración # 17. Alta capa de Zinc (Autoría propia)

- No Cumple Prueba de Preece: Defecto que se presenta cuando al realizar la prueba de PRECCE la muestra no cumple con el número de inmersiones por minuto mínimas requerida por la norma respectiva o por el cliente.

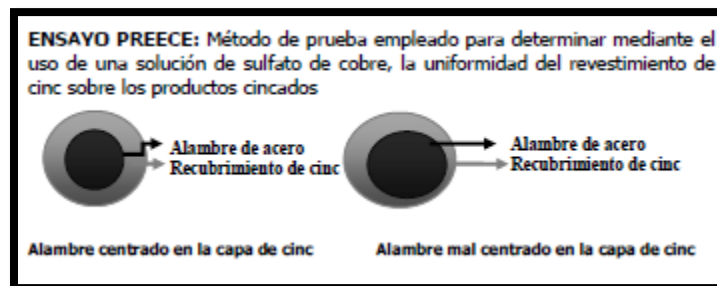


Ilustración # 18. Concentricidad (Autoría propia)

- Recubrimiento sin adherencia al acero: Es el desprendimiento parcial de cinc en ciertas zonas del alambre galvanizado, en ocasiones se puede despegar todo el recubrimiento. El defecto se presenta por el estado de la superficie del alambre, así como también por las condiciones en las cuales se efectúan los sucesivos procesos del proceso de galvanizado. Las pruebas de recubrimiento del material galvanizado se realizan mediante la prueba de envolvimiento o enrollado en donde se somete el material a un esfuerzo para verificar la adherencia. Al realizar la prueba de envolvimiento el alambre

galvanizado no debe presentar grietas ni fracturas hasta completar el mínimo de giros requeridos por la norma o por el cliente.



Ilustración # 19. Recubrimiento sin adherencia (Autoría propia)

3.2.2.4 Defectos de Superficie

- Alambre galvanizado oxidado, Óxido de cinc (óxido blanco): Son puntos, franjas o manchas de color blanco, con voluminoso depósito de carbonato básico de cinc (sales de cinc por reacción con el oxígeno), que genera la disminución de la capa en los alambres.

Este defecto es producto del ataque de atmósferas muy húmedas, con saltos bruscos de temperatura y con escasos contenidos de oxígenos, por lo que la humedad en el material es el principal causante



Ilustración # 20. Alambre galvanizado oxidado (Autoría propia)

- Grumos alambre galvanizado

Son puntos elevados de materiales extraños o pegotes de cinc, que se presentan durante el proceso de galvanizado. Es un defecto de forma y extensión indeterminada, que se presentan solos o de forma agrupada.

Como la uniformidad del recubrimiento en su mayor parte depende del escurrido adecuado del material, este defecto se atribuye al incorrecto flujo de nitrógeno o a los defectos que pueda tener la tina de cinc (impurezas en la tina o dross).

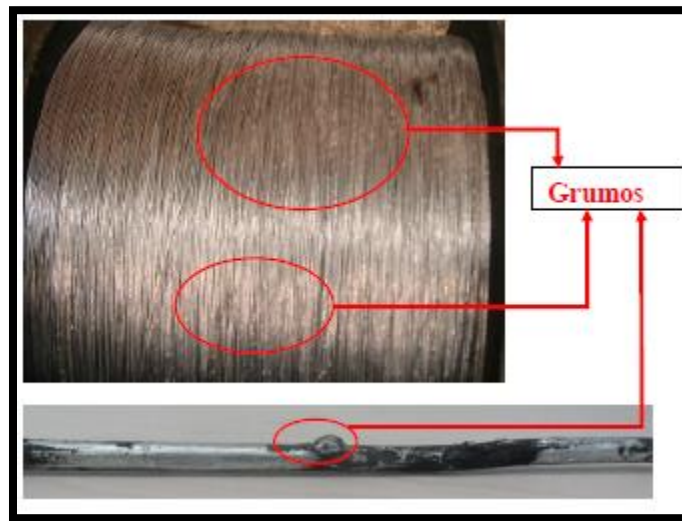


Ilustración # 21. Grumos (Autoría propia)

- Aros Alambre Galvanizado: son marcas de escurrido o plegado causado generalmente cuando el alambre roza con la boquilla. Este defecto se presenta en pequeñas zonas del alambre.

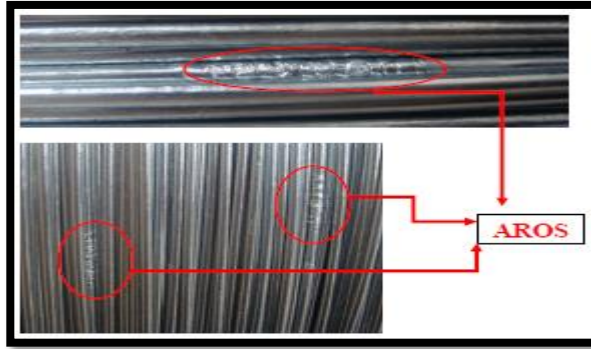


Ilustración # 22. Alambre con Aros (Autoría propia)

- Alambre galvanizado superficie rugosa: Es el crecimiento excesivo de la capa formando desigualdades en el alambre, pueden aparecer regular o irregularmente en el alambre.

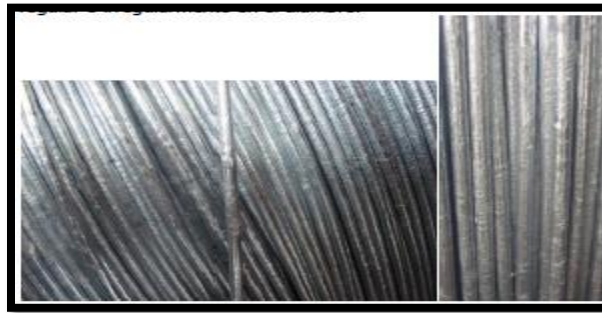


Ilustración # 23. Superficie rugosa (Autoría propia)

3.2.2.5 Defectos de Conformado del Producto

- Hélice o Hélix: es la distancia del extremo de la hebra o hilo de alambre puesta en piso y el otro extremo del hilo de alambre que se eleve sobre dicha superficie. Por consiguiente, todo material que presente una medida de hélice por encima de lo especificado en la norma se considera NO CONFORME.

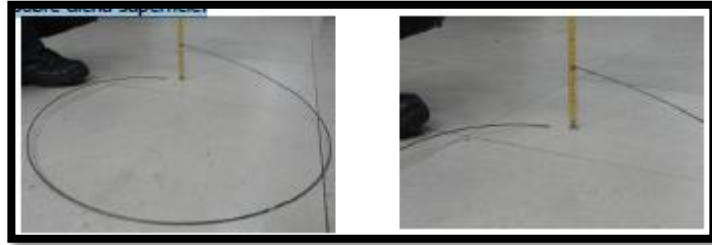


Ilustración # 24. Hélice (Autoría propia)

- Espira o Cast: Es el diámetro del círculo formado por una longitud de alambre arrojada libremente sobre el piso. De acuerdo con lo anterior, el material que presente espira inferior o superior a lo especificado por la norma correspondiente será declarado no conforme.

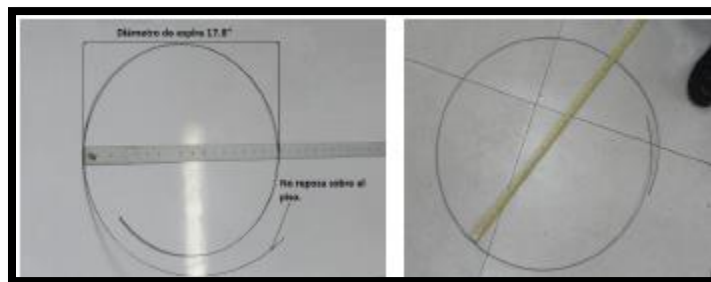


Ilustración # 25. Cast (Autoría propia)

3.2.2.6 Defectos de Empaque

- Alambre Enredado: defecto que se presenta cuando en el embobinado se entrelazan de manera desordenada las espiras de alambre.



Ilustración # 26. Enredo (Autoría propia)

- Peso por Debajo del Mínimo: defecto que se presenta cuando al realizar el pesaje del material el valor resultante es menor a lo requerido por la norma o por el cliente.
- Peso por Encima del Máximo: defecto que se presenta cuando al realizar el pesaje del material el valor resultante es mayor a lo requerido por la norma o por el cliente.

3.2.3 Diagrama Pareto de las No Conformidades generadas en 2014 a 2016

La información recolectada de las no conformidades generadas en los últimos 3 años de producción 2014, 2015 y 2016 fue consolidada en las tablas # 10, #11 y # 12. Con esta información se realizaron los diagramas Pareto obteniendo las No conformidades que tienen el potencial más grande de mejora, ilustraciones # 27, # 28 y # 29.

En la tabla #10 y en la ilustración #27 encontramos las no conformidades y el análisis Pareto del año 2014 en donde se puede observar que soldadura, grumos y peso por debajo del mínimo son las más representativas, cada una con un 27%, 17% y 14% respectivamente. En la tabla # 11 y en la ilustración # 28 las no conformidades para el 2015 más representativas son nuevamente, soldadura, peso por debajo del mínimo y grumos, cada una con un 24%, 14% y 13% respectivamente. En la tabla # 12 y en la ilustración # 29 las no conformidades para el 2016 más representativas son grumos, soldadura y alambre manchado, cada una con un 21%, 20% y 16% respectivamente.

Analizando el total de tonelaje por no conformidad consolidado para los 3 años de análisis, se comprueba que las No Conformidades más representativas son soldadura, grumos y peso por debajo del mínimo, con participación en el total del 24%, 17%, 13% respectivamente, tabla # 13 e ilustración # 30.

2014		
Causa	Cantidad NC (kg)	% del total
Soldadura	268466	27,18
Grumos alambre galvanizado	176383	17,86
Peso por debajo del mínimo	141022	14,28
Baja capa de zinc	93670	9,48
Alambre galvanizado superficie rugosa	71217	7,21
Alta capa de zinc	45171	4,57
Alambre galvanizado manchado	31762	3,21
Mal embobinado	31161	3,15
Diámetro alto	19133	1,93
Mal identificado	17492	1,77
Recubrimiento sin adherencia al acero	14796	1,49
Alambre galvanizado con aros	12982	1,31
Diámetro bajo	10446	1,05
Otros	52609	5,32

Tabla # 10. No Conformidades 2014 (KNIGHT,2014)

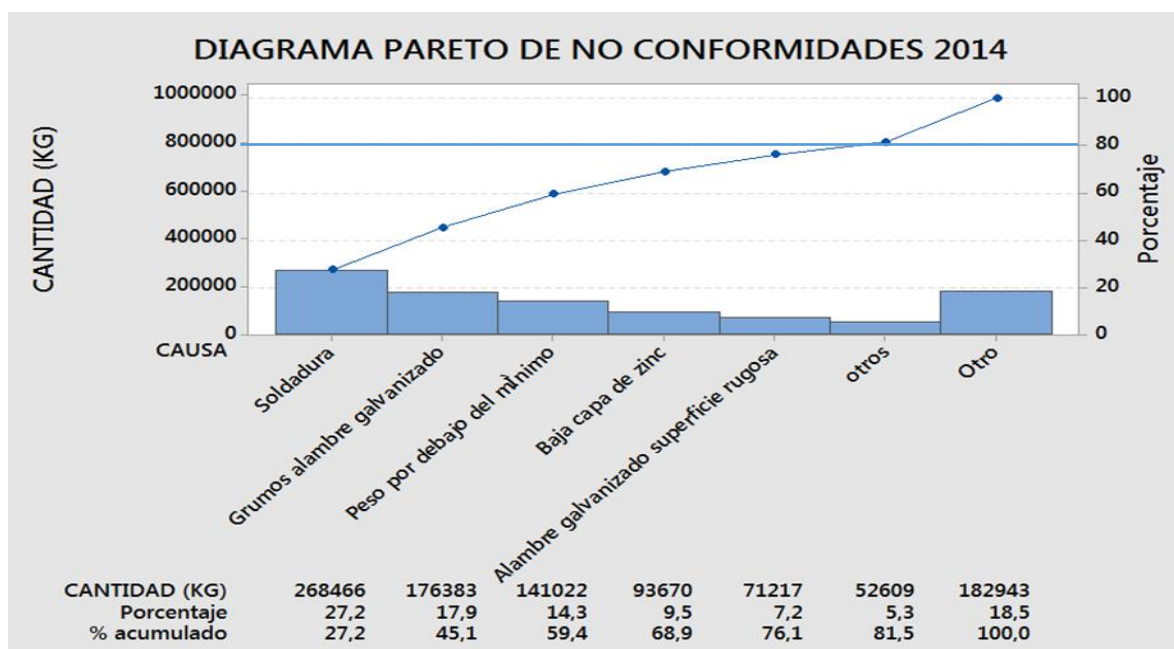


Ilustración # 27. Pareto No Conformidades 2014 (Autoría propia)

2015		
Causa	Cantidad NC (kg)	% del total
Soldadura	116224	23,86
Peso por debajo del mínimo	65953	13,54
Grumos alambre galvanizado	63457	13,02
Alambre galvanizado superficie rugosa	47607	9,77
Baja capa de zinc	30181	6,19
Alambre galvanizado manchado	25326	5,19
Mal identificado	17464	3,58
Alta capa de zinc	17460	3,58
Mal Preformado	17425	3,57
Diámetro bajo	15313	3,14
Alambre galvanizado vibrado	6401	1,31
Metraje por debajo del mínimo	6142	1,26
Alambre galvanizado con aros	6136	1,26
Diámetro alto	5938	1,21
Alta capa de grasa	5661	1,16
Mal embobinado	5018	1,03
Empaque no corresponde al solicitado por el cliente	4071	0,83
Otros	28505	5,85

Tabla # 11. No Conformidades 2015 (KNIGHT,2015)

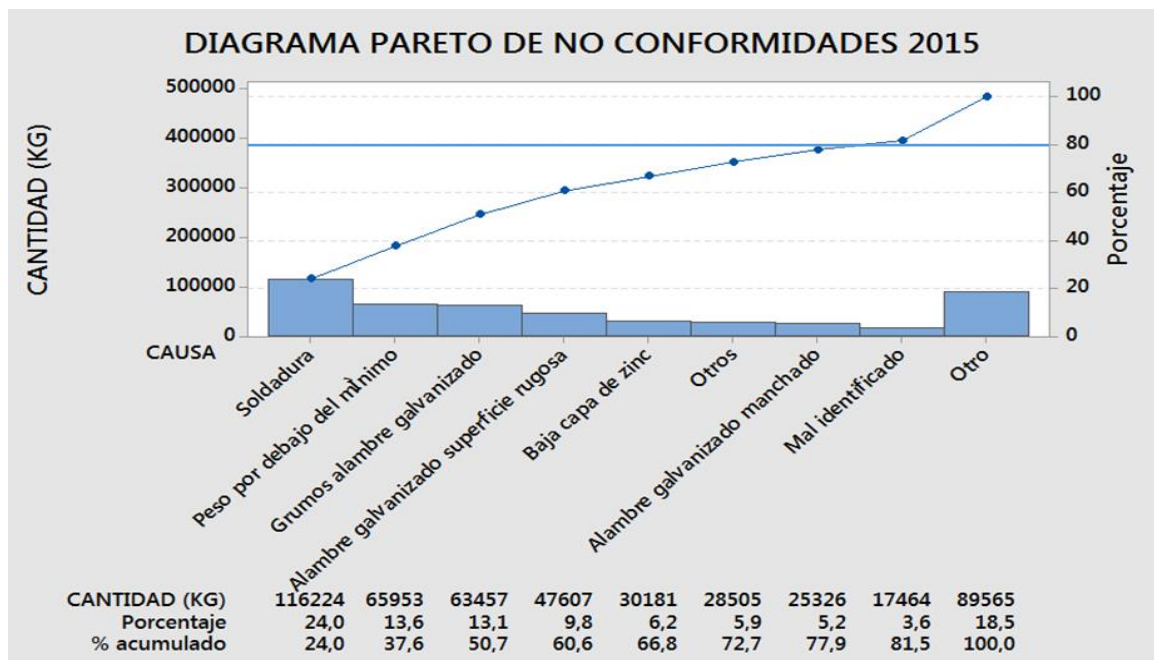


Ilustración # 28. Pareto No Conformidades 2015 (Autoria propia)

2016		
Causa	Cantidad NC (kg)	% del total
Grumos alambre galvanizado	162668	20,77
Soldadura	159658	20,39
Alambre galvanizado manchado	126549	16,16
Peso por debajo del mínimo	71010	9,07
Alambre galvanizado superficie rugosa	65042	8,30
Alambre galvanizado con aros	40806	5,21
Baja capa de zinc	22605	2,88
Alta capa de zinc	21797	2,78
Recubrimiento sin adherencia al acero	14186	1,81
Carreta de madera en mal estado	12548	1,60
Mal embobinado	11344	1,44
Mal identificado	9396	1,20
Diámetro bajo	7995	1,02
Alambre galvanizado vibrado	7300	0,93
Mal Preformado	6254	0,79
Otros	43734	5,58

Tabla # 12. No conformidades 2016 (KNIGHT,2016)

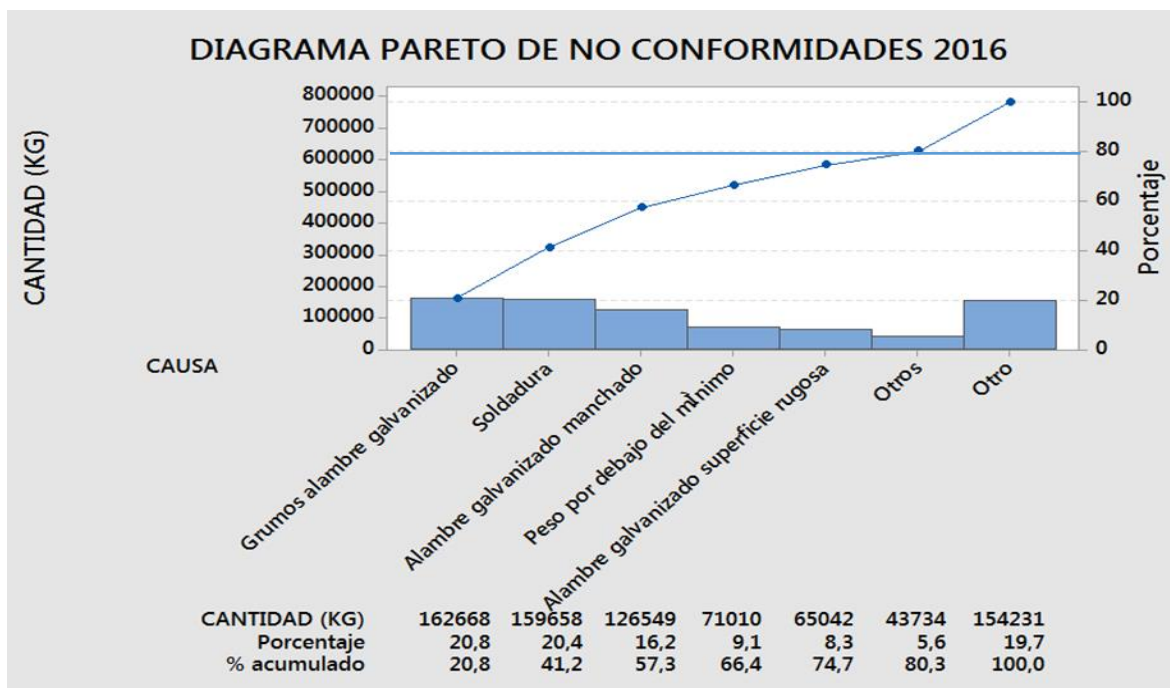


Ilustración # 29. Pareto No Conformidades 2016 (Autoria propia)

Consolidado 2014, 2015 y 2016		
Causa	Cantidad NC (kg)	% del total
Soldadura	544348	24,16
Grumos alambre galvanizado	402508	17,86
Peso por debajo del mínimo	281486	12,49
Alambre galvanizado superficie rugosa	183866	8,16
Alambre galvanizado manchado	183637	8,15
Baja capa de zinc	146456	6,50
Alta capa de zinc	84428	3,75
Alambre galvanizado con aros	59924	2,66
Mal embobinado	47523	2,11
Mal identificado	47467	2,11
Recubrimiento sin adherencia al acero	34983	1,55
Diámetro bajo	33754	1,50
Mal Preformado	31076	1,38
Diámetro alto	29042	1,29
Alambre galvanizado vibrado	19577	0,87
Carreta de madera en mal estado	13103	0,58
Empaque no corresponde al solicitado por el cliente	11339	0,50
Peso por encima del máximo	10106	0,45
Otros	88861	3,94
Total	2253484	

Tabla # 13. Consolidado No conformidades 2014,2015 y 2016 (KNIGHT,2016)

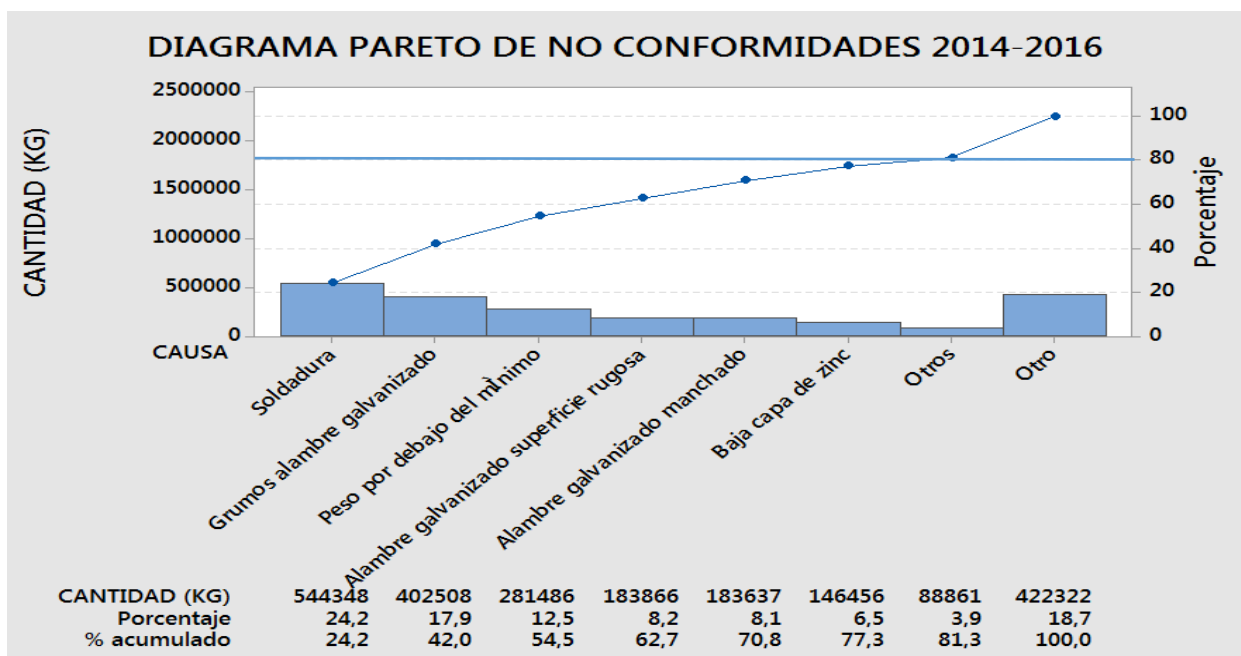


Ilustración # 30. Consolidado No Conformidades 2014,2015 y 2016 (Autoría propia)

Finalmente, el análisis Pareto nos permite seleccionar a Soldadura, Peso por debajo del Mínimo y Grumos como las no conformidades con mayor ocurrencia dentro de cada año y las que presentan mayor repetitividad durante el periodo analizado de 36 meses. Por tanto, dado que estas tres no conformidades representan en el análisis Pareto de los tres años, el 54% de la participación y para limitar el análisis de la problemática, solo estas serán caso de estudio dentro de las siguientes etapas de la metodología.

3.2.4 Nivel sigma del proceso

Luego de recopilar la información y determinar las 3 principales no conformidades del proceso de galvanización, es importante conocer cómo se encuentra el proceso, es decir cuál es su Nivel Sigma.

El nivel sigma se calculó teniendo en cuenta que las variables de análisis son cualitativas y no cuantitativas; por lo tanto, la técnica utilizada corresponde al análisis de datos por atributos.

El análisis de datos por atributos requiere tener claro los siguientes conceptos:

- Unidad: El objeto producido o procesado.
- Defecto (D): cualquier evento o salida que no satisface a especificación.
- Defectuoso: es una unidad que tiene uno o más defectos.
- Oportunidad (O): Cualquier evento o salida que pueda medirse y proporcione una ocasión de no satisfacer un requerimiento del cliente.
- DPU (Defectos por unidad): Métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso que toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene:
 $DPU: D/U$

Donde D es el número de defectos observados y U el número de unidades producidas en cierto tiempo.

- DPO (Defectos por oportunidad): Se utiliza para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto y se obtiene:
 $DPO: D/(U \times O)$

Donde D es el número de defectos observados, U el número de unidades

producidas en cierto tiempo y O es el número de oportunidades de error por unidad. Se debe asegurar que solo se cuenten oportunidades que son significantes en el proceso.

- DPMO: defectos por millón de oportunidades. Índice que mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se obtiene:
$$DPMO: DPO \times 1000000.$$

Los pasos en el análisis fueron:

1. Definir la unidad: alambre y torón galvanizado.
2. Definir tamaño de la muestra: se recolectaron datos históricos de los productos no conformes en cada mes, de los últimos 3 años de producción, para las 3 no conformidades seleccionadas del análisis Pareto (36 muestras que corresponden a los 36 meses consecutivos de los 3 años de análisis).
La información se encuentra consolidada en la Tabla # 14.

Muestra	Unidades Totales procesadas	Unidades NC Soldadura	Unidades NC Grumos	Unidades NC Peso por debajo del mínimo	Otros	Total
1	563	2	11	17	47	77
2	755	14	37	34	52	137
3	467	13	6	13	85	117
4	611	7	5	8	51	71
5	843	22	16	12	65	115
6	1172	24	35	40	72	171
7	1179	38	30	19	80	167
8	1050	28	15	18	82	143
9	760	30	28	5	78	141
10	855	29	24	12	74	139
11	871	49	17	20	35	121
12	848	36	9	8	43	96
13	891	20	10	8	44	82
14	993	13	13	10	30	66
15	825	14	8	12	38	72
16	818	12	6	5	25	48
17	865	6	14	9	20	49
18	637	7	5	15	26	53
19	509	6	3	7	10	26
20	711	5	0	10	15	30
21	984	18	13	11	42	84
22	731	8	13	8	24	53
23	562	1	4	3	15	23
24	801	20	1	6	38	65
25	815	16	21	11	29	77
26	845	16	10	10	33	69
27	886	20	25	11	99	155
28	476	16	25	8	88	137
29	861	14	32	12	50	108
30	856	3	6	2	27	38
31	771	8	15	4	39	66
32	691	19	25	6	17	67
33	778	22	16	8	60	106
34	777	18	9	4	50	81
35	711	23	21	11	43	98
36	898	15	18	12	36	81
Total	28665,396	612	546	409	1662	3229

Tabla # 14. Unidades defectuosas en muestra para No Conformidades
(KNIGHT,2016)

- Determinar el número de unidades procesadas (28665) y número de defectos detectados en las mediciones o verificaciones (3229).
- Definir los defectos en base a los requerimientos del cliente: Grumos (549 unidades), soldadura (612 unidades), peso por debajo del mínimo (409) y otros (1662 unidades).
- Identificar el número relevante de oportunidades de error en cada unidad: teniendo en cuenta que se tienen 3 no conformidades que hacen parte del

Pareto de la línea de galvanizado (vitales) y las otras no conformidades que son triviales en la línea de galvanizado, la probabilidad de ocurrencia es de 4.

6. Calculo de DPU, DPO, DPMO:

D	Defectos	3229
U	unidades producidas	28665
O	Probabilidad de ocurrencia	4
DPU	D/U	0,11264608
DPO	$D/(U \times O)$	0,02816152
DPMO	$DPO \times 1000000$	28161,521
Nivel sigma		3,414

7. Nivel sigma: tomando el resultado de los defectos por millón de unidades (DPMO) se ubicó en la tabla de referencia # 15 el Nivel Sigma para un valor aproximado. El rango estaría entre 3,25 (40060) y 3,5 (22750) que al extrapolar para 28161 nos da un nivel sigma de 3,41. Este nivel indica el número de desviaciones típicas que el proceso de galvanizado puede aceptar para que el producto sea conforme. Que para el caso de galvanizado es muy bajo y la probabilidad de tener productos no conformes es alta.

Nivel Sigma	Sigma + 1.5	1.5 - Sigma	Probabilidad Buenos	Probabilidad Defectos	DPMO	Cpk
0	0,933192799	0,933192799	0	1	1.000.000,00	0,000
0,5	0,977249868	0,841344746	0,135905122	0,864094878	864.094,88	0,167
0,75	0,987775527	0,773372648	0,21440288	0,78559712	785.597,12	0,250
1	0,993790335	0,691462461	0,302327873	0,697672127	697.672,13	0,333
1,25	0,997020237	0,598706326	0,398313911	0,601686089	601.686,09	0,417
1,5	0,998650102	0,5	0,498650102	0,501349898	501.349,90	0,500
1,75	0,999422975	0,401293674	0,598129301	0,401870699	401.870,70	0,583
2	0,999767371	0,308537539	0,691229832	0,308770168	308.770,17	0,667
2,25	0,999911583	0,226627352	0,77328423	0,22671577	226.715,77	0,750
2,5	0,999968329	0,158655254	0,841313075	0,158686925	158.686,93	0,833
2,75	0,999989311	0,105649774	0,894339538	0,105660462	105.660,46	0,917
3	0,999996602	0,066807201	0,933189401	0,066810599	66.810,60	1,000
3,25	0,999998983	0,040059157	0,959939826	0,040060174	40.060,17	1,083
3,5	0,999999713	0,022750132	0,977249581	0,022750419	22.750,42	1,167
3,75	0,999999924	0,012224473	0,98775451	0,012224549	12.224,55	1,250
4	0,999999981	0,006209665	0,993790316	0,006209684	6.209,68	1,333
4,25	0,999999996	0,002979763	0,997020232	0,002979768	2.979,77	1,417
4,5	0,999999999	0,001349898	0,998650101	0,001349899	1.349,90	1,500
4,75	1	0,000577025	0,999422975	0,000577025	577,03	1,583
5	1	0,000232629	0,999767371	0,000232629	232,63	1,667
5,25	1	8,84173E-05	0,999911583	8,84173E-05	88,42	1,750
5,5	1	3,16712E-05	0,999968329	3,16712E-05	31,67	1,833
5,75	1	1,06885E-05	0,999989311	1,06885E-05	10,69	1,917
6	1	3,39767E-06	0,999996602	3,39767E-06	3,40	2,000
6,25	1	1,01708E-06	0,999998983	1,01708E-06	1,02	2,083
6,5	1	2,86652E-07	0,999999713	2,86652E-07	0,29	2,167
6,75	1	7,60496E-08	0,999999924	7,60496E-08	0,08	2,250
7	1	1,89896E-08	0,999999981	1,89896E-08	0,02	2,333
7,25	1	4,46217E-09	0,999999996	4,46217E-09	0,00	2,417
7,5	1	9,86588E-10	0,999999999	9,86588E-10	0,00	2,500
7,75	1	2,05226E-10	1	2,05226E-10	0,00	2,583
8	1	4,016E-11	1	4,016E-11	0,00	2,667

Tabla # 15. Tabla de referencia nivel sigma (SUNGH. 2013)

3.2.4.1 Análisis Nivel Sigma con Minitab

Para verificar el resultado del Nivel Sigma obtenido anteriormente, se procede a utilizar la herramienta Minitab. En este programa se realiza el análisis de los datos tomados de las tablas de no conformidades (defectuosos) y se ejecuta la gráfica P (Proporción de Defectuosos).

En la ilustración #31, se encuentran los límites de control del proceso de galvanizado para la no conformidad por soldadura. Limite control superior (LCS) igual a 0,045 y el límite de control inferior (LCI) que es igual a 0, que corresponden a la proporción de las no conformidades encontradas en las muestras tomadas de la línea de galvanizado. Se concluye que el proceso de galvanizado no se

encuentra estable ni controlado en esta no conformidad, la gráfica refleja varios picos y datos por fuera de los límites de control.

La cantidad de defectuosos por millón es de 21.349, esto permite obtener la capacidad del proceso para esta no conformidad. La cual se estima esta entre 0,7 y 0,8 (anexo # 1, tabla #28). Este resultado ubica el proceso en clase 3 teniendo en cuenta la información de tabla #30 del anexo # 1. La cual sugiere implementar mejoras para alcanzar un nivel de calidad superior.

La siguiente grafica de análisis es la del nivel Z o nivel sigma del proceso, en la ilustración #32 podemos ver que el nivel Z para la no conformidad por soldadura es 2,03, lejos de un nivel sigma de 3 o 4, en el cual el proceso está en la capacidad de operar para cumplir las necesidades del cliente y son el primer paso para llegar a nivel 6 sigma. En la tabla #28 del anexo # 1 se confirman los resultados obtenidos por Minitab.

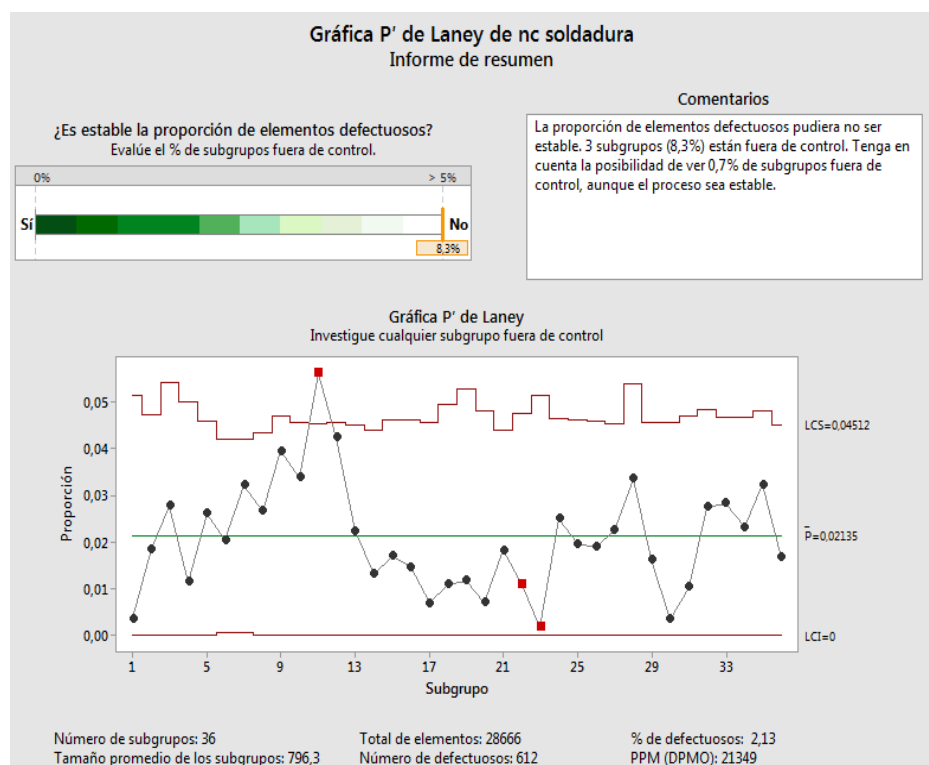


Ilustración # 31. Grafica P de No conformidad por Soldadura (Autoría propia)

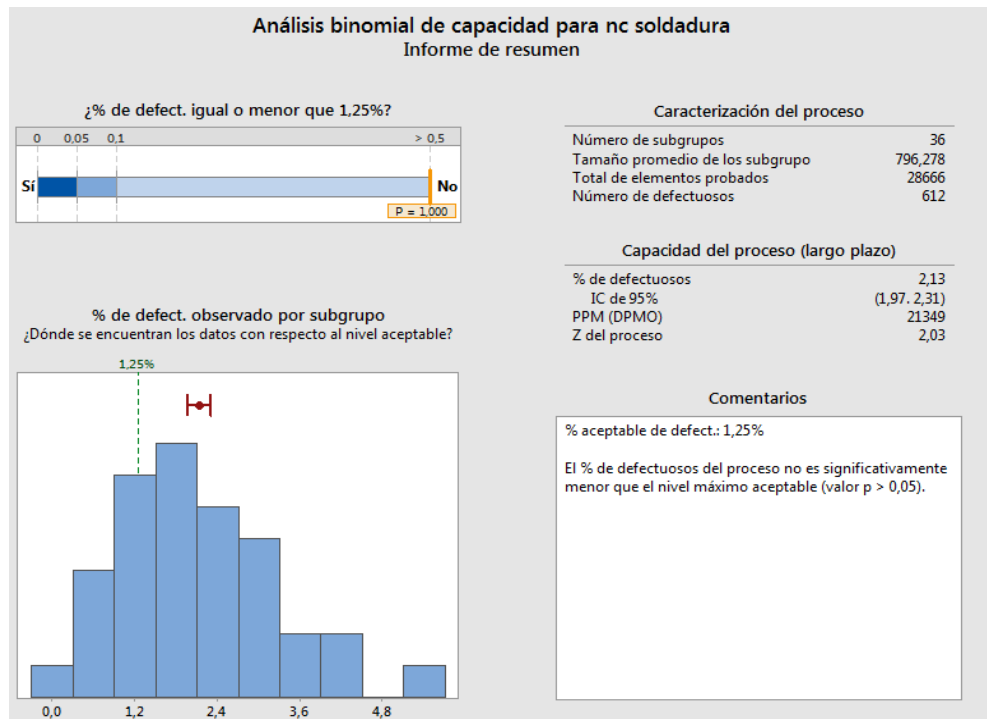


Ilustración # 32. Análisis de capacidad para No conformidad por Soldadura
(Autoria propia)

En la ilustración #33, podemos encontrar los límites de control del proceso de galvanizado para la no conformidad por grumos. Limite control superior (LCS) igual a 0,048 y el límite de control inferior (LCI) que es igual a 0, que corresponden a la proporción de las no conformidades por grumos encontradas en las muestras tomadas de la línea de galvanizado.

Igualmente se puede concluir que el proceso de galvanizado no se encuentra estable y tampoco controlado en la no conformidad por grumos, la gráfica muestra varios picos y datos por fuera de los límites de control.

La cantidad de defectuosos (no conforme por grumos) por millón es de 19.047, esto permite preliminarmente obtener la capacidad del proceso, de acuerdo a la tabla #28 del anexo # 1, esta capacidad estaría entre 0,7 y 0,8; similar a la de la no conformidad anterior, donde se sigue situando el proceso en clase 3 teniendo en cuenta la información de la tabla # 30 del anexo # 1. Para la no conformidad por grumos, la decisión a tomar también implica mejoras al proceso para alcanzar un nivel de calidad superior.

La gráfica del nivel Z o nivel sigma del proceso se encuentra en la ilustración #34 el resultado es 2,07, lejos de un nivel sigma de 3 o 4, similar comportamiento de la no conformidad anterior. En la tabla #28 del anexo # 1, se confirman los resultados obtenidos por Minitab.

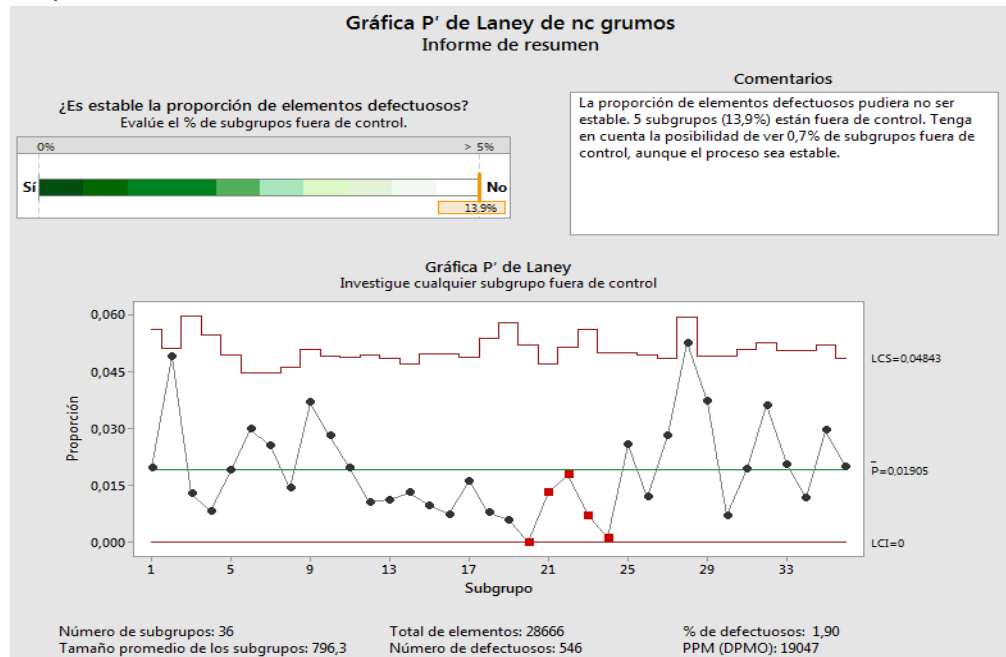


Ilustración # 33. Grafica P de No conformidad por Grupos (Autoría propia)

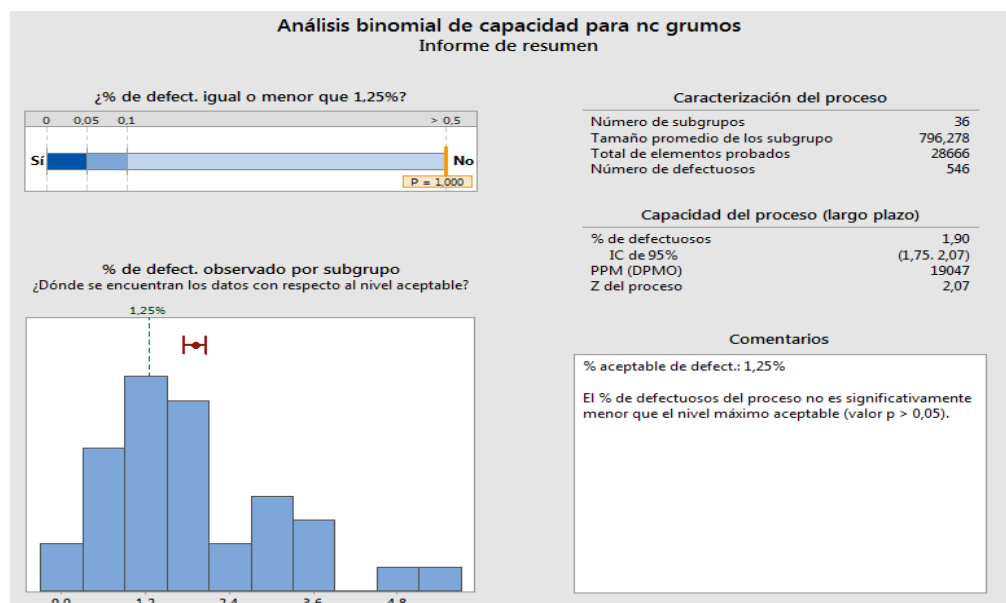


Ilustración # 34. Análisis de capacidad para No conformidad por Grupos (Autoría propia)

En la ilustración #35, se encuentran los límites de control del proceso para la no conformidad por Peso por Debajo. Limite control superior (LCS) igual a 0,026 y el límite de control inferior (LCI) que es igual a 0,002, esto corresponde a la proporción de esta no conformidad encontrada en las muestras de análisis.

Se concluye que el proceso de Galvanizado se encuentra más estable pero aun no controlado en esta no conformidad, en comparación con las anteriores. La gráfica muestra una tendencia un poco más cercana a la proporción promedio, pero siguen existiendo picos y datos por fuera de los límites de control.

La cantidad de defectuosos por millón es de 14.268, siguiendo el mismo análisis de las no conformidades anteriores, la capacidad de proceso para Peso por Debajo esta entre 0,8 y 0,9; más alto que las capacidades obtenidas anteriormente. Sin embargo, el proceso sigue ubicado en clase 3 de acuerdo a la tabla #30 del anexo # 1, y la decisión continua siendo realizar mejoras para alcanzar un nivel de calidad superior.

La gráfica del nivel Z o nivel sigma del proceso corresponde a la ilustración #36 en donde el resultado es 2,19 para la no conformidad de Peso por Debajo. Que sigue estando lejos de un nivel sigma de 3 o 4, pero que es mejor comparado con las otras no conformidades analizadas. En la tabla #29 del anexo # 1, se confirman los resultados obtenidos por Minitab.

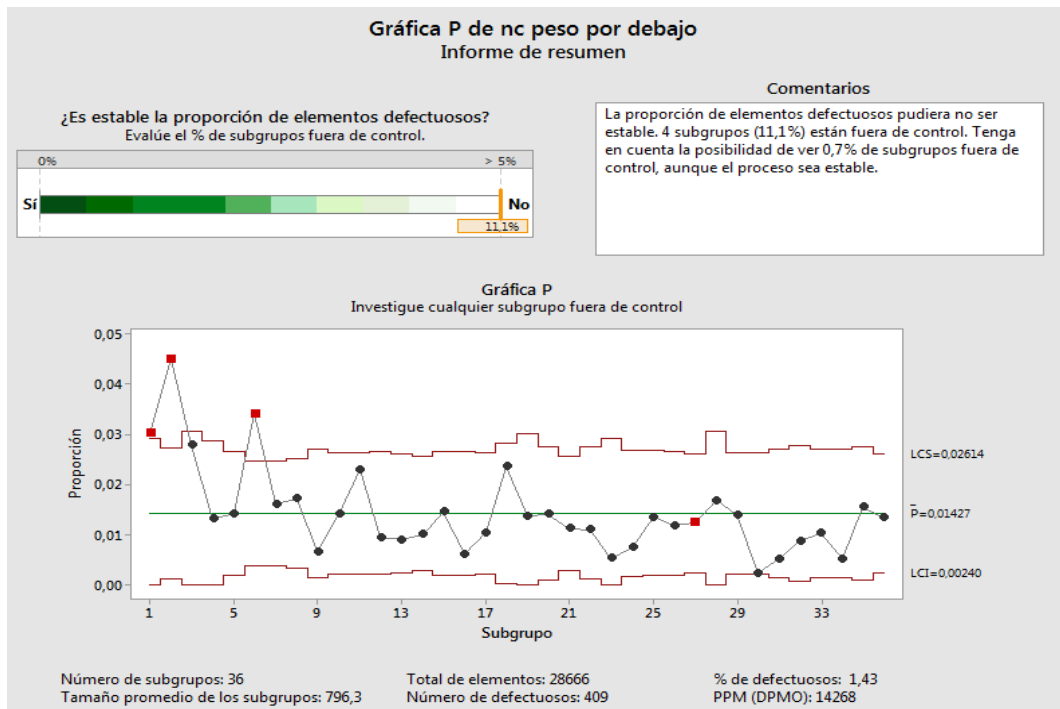


Ilustración # 35. Grafica P de No conformidad por peso por debajo (Autoría propia)

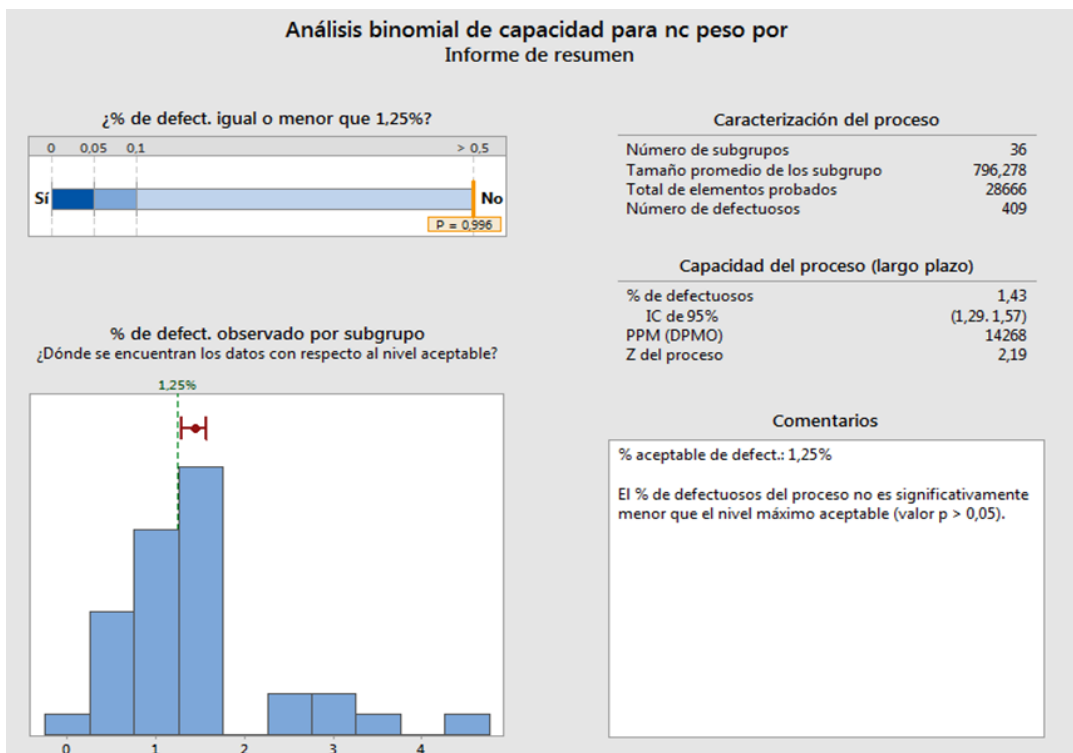


Ilustración # 36. Análisis de capacidad para No conformidad por peso por debajo (Autoría propia)

En la ilustración #37, se encuentran los límites de control del proceso para las 3 no conformidades analizadas, cabe recordar que estas fueron seleccionadas de acuerdo al resultado del Pareto 2014-2016. El límite control superior (LCS) con resultado de 0,2011 y el límite de control inferior (LCI) de 0,024.

Se concluye de manera global que el proceso de galvanizado no se encuentra estable, y tampoco controlado. La gráfica total muestra varios picos y datos por fuera de los límites de control.

La cantidad de defectuosos (no conformes) por millón es de 112.642 y la capacidad del proceso de acuerdo a la tabla #27 del anexo # 1, está entre 0,5 y 0,6; con este resultado se ubica el proceso en clase 4 (tabla #28 del anexo # 1). Como se ha venido mencionando es determinante establecer un plan de mejora.

La gráfica del nivel Z o nivel sigma del proceso, la cual se presenta en la ilustración #38, da como resultado un nivel Z de 1,21, aún más lejos del nivel sigma de 3 o 4, comparado con el resultado de cada no conformidad analizada individualmente. Por tanto, la suma de las no conformidades aleja aún más el proceso de un nivel sigma adecuada, pero permiten determinar que las acciones de mejora de cada una, impactan directamente en el resultado global del proceso.

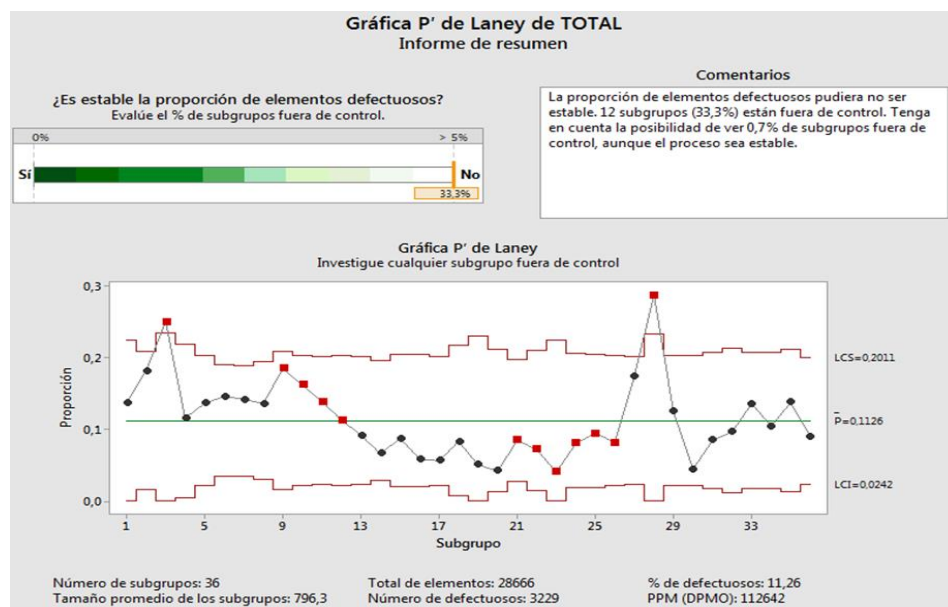


Ilustración # 37. Grafica P de No conformidad para el grupo de N.C analizadas (Autoria propia)

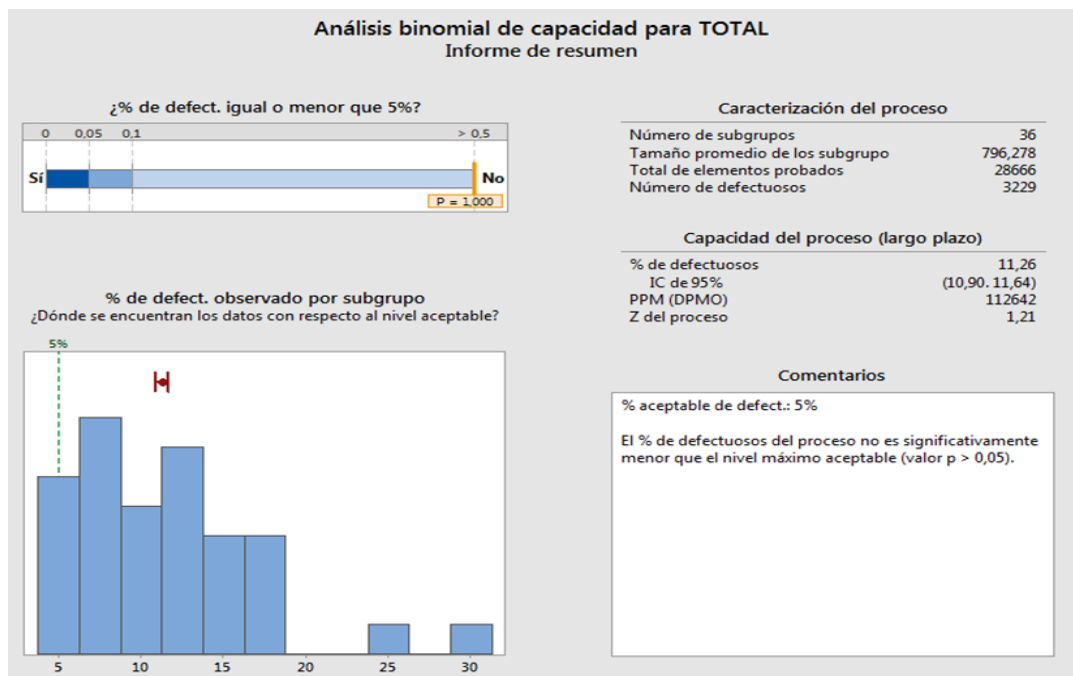


Ilustración # 38. Análisis de capacidad para el grupo de N.C analizadas (Autoría propia)

Esta medición de la capacidad de proceso y el nivel sigma, permite trazar una carta de navegación, para iniciar un camino a la mejora del proceso y señala un indicador (nivel sigma) que servirá de guía y control para ir avanzando en la mejora continua, utilizando niveles sigma de 2, 3 y 4 como metas volantes para finalmente alcanzar el nivel 6 sigma.

3.2.5 Resultados de la fase Medir:

- Luego de recopilar la información del proceso y realizar el análisis Pareto, se concluye que las 3 no conformidades críticas del proceso de galvanización que inciden en su variación, son grumos, soldadura y peso por debajo del mínimo.
- La capacidad de proceso para cada una de los no conformidades críticas, está en el rango de 0,7 – 0,9, pero para la medición en conjunto de las mismas, la capacidad del proceso bajo su rango y se situó ente 0,5 - 0,6. El nivel sigma se comportó de igual manera, en cada no conformidad analizada

independientemente su rango estuvo entre 2,03 – 2,19, pero al analizarlas simultáneamente, el nivel sigma bajo a 1,21. Con estos resultados se puede trazar el camino hacia la mejora del proceso, establecer el indicador que servirá de guía y control para ir avanzando durante la implementación del proyecto.

3.3 Analizar

En esta fase se efectuó el análisis de los datos obtenidos en la etapa de medición, con el propósito de conocer las relaciones causales o causas raíz del problema. La información de este análisis proporciona las evidencias de la fuerte variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora del proceso. Las herramientas empleadas para el análisis fueron valor añadido, causa y efecto y los 5 porque.

3.3.1 Análisis del valor añadido

Se realizó un estudio descriptivo de las actividades operativas y administrativas del proceso de galvanización con el fin de evaluar el estado actual. Posteriormente se definieron cuales agregan o no valor significativo y deben ser utilizadas en el desarrollo de las siguientes etapas.

En la tabla # 16 se encuentran los resultados de este análisis.

ANÁLISIS VALOR AÑADIDO					
Nombre del proceso			Galvanización		
Actividad	Valor operacional añadido	Sin valor añadido	Propuesta / Mejora	Tiempo	Mano de obra o recurso
1. Revisión de especificaciones del cliente, creación DTF	X		Desarrollar comité de revisión de especificaciones del cliente y crear Ficha técnica que contenga toda la información del producto.	1 Día	Jefe de calidad, Normas de los clientes.
2. Definir programa de producción		X	-	-	Jefe de producción
3. Difundir programa de producción	X		De acuerdo a los requerimientos planteados por los clientes se debe definir y difundir el programa de producción con todas las áreas involucradas.	1 día	Auxiliar de producción
4. Arranque de la línea	X		Se debe crear formato de revisión de las condiciones del proceso con el fin de garantizar que no se van a presentar variaciones que inciden en la calidad del producto.	Antes de iniciar una orden nueva	Operador
5. Proceso productivo, seguimiento y medición	X		Se debe implementar formato de control a lo largo de toda la corrida de producción. El cual incluya la verificación de variables de calidad y proceso.	Durante la corrida de producción	Supervisor y operador
6. Verificar en el proceso causas raíces de las variables críticas	X		De acuerdo a las especificaciones y proposiciones de los operarios analizar las causas raíz del defecto que produce el no conforme	Mensual	Jefe de calidad y procesos
7. Plan de mantenimiento	X		Establecer plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la línea de galvanización	Semanal	Programador de mantenimiento
8. Inspección	X		Se realiza inspección online de todos los productos con el fin de verificar su cumplimiento de los requisitos solicitados por el cliente.	En línea	Asegurador de calidad
9. Despacho		X	-	-	-

Tabla # 16. Análisis de valor Añadido (Autoría propia)

3.3.2 Análisis 5 ¿Porque?

El análisis de los 5 ¿porque? es una herramienta que permite determinar las posibles causas de las no conformidades críticas que arroja el análisis Pareto, definidas en la etapa de medición; el objetivo principal es proponer acciones de mejora que al ejecutarlas reducirán el porcentaje de producto no conforme.

Para el desarrollo de este análisis se recopiló la información que la empresa tiene de las investigaciones que han implementado en su ruta de mejoramiento. El procedimiento interno establece que el personal de aseguramiento de calidad cuando emite e identifica una no conformidad, debe realizar un análisis 5 ¿porque? en equipo con el operador y el supervisor del área de producción. Para tal fin se diligencia el formato de ruta de mejoramiento, ilustración # 39. . El resultado final, son las causas raíz que generan las No Conformidades y el planteamiento de la posible acción de mejora para las mismas.


RUTA DE MEJORAMIENTO PRODUCTO NC				
FECHA:				
NC:				
TIQUETE:				
PESO:				
PRODUCTO:				
MAQUINA:				
OPERARIO:				
ASEGURADOR:				
SUPERVISOR:				
FALLA/HALLAZGO	PORQUE 1	PORQUE 2	PORQUE 3	PORQUE 4
PORQUE 5	CAUSA RAIZ		ACCION DE MEJORA	

Ilustración # 39. Formato Ruta de Mejoramiento. (MEDELLIN, 2016)

En la tabla # 17 está el resumen de los análisis de los 5 porque realizados en el año 2016 para Soldadura, en la tabla # 18 para Grumos y en la tabla # 19 para Peso por Debajo:

No conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Soldadura	Baja temperatura de la tina de zinc por falla en los quemadores causa grumo que se debe retirar	Embobinadoras	Porque se paró línea	Porque se presenta grumos	porque se bajó la temperatura de la tina de zinc	Porque Falla de los quemadores	Porque falta mantenimiento preventivo
Soldadura	Baja temperatura del horno	Rotolay	Porque se paró la línea	Porque se retira material con grumos	Porque se bajó la temperatura de la tina de zinc	Porque hay Problema en los quemadores	Porque falta mantenimiento preventivo
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque falló el drive	Porque falla en el descargue, en el drive del acumulador	Porque falla de comunicación profibus	Porque falta de mantenimiento preventivo en la tarjeta de control del drive	Porque falta mantenimiento preventivo en el conector de profibus
Soldadura	Falta de fluido eléctrico	Embobinadoras	Porque se paró la línea	Porque falla de fluido eléctrico	Porque hubo bajón del fluido eléctrico	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Soldadura	Falta de material en la zona de cargue	Embobinadoras	porque paro la maquina	Porque falta material en zona de cargue	Porque se gastó demasiado material en el inicio	Porque no hay supervisión de la línea	porque no se capacita al personal en el procedimiento de operación de la línea

Tabla # 17. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Soldadura (Autoria propia)

No conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Grumos	Al enhebrar la línea 5 se enreda con la línea 4 y causa grumos	Embobinadoras	Porque se enredaron las líneas 4 y 5 de las embobinadoras	Porque se estaba enhebrando la línea 5	Porque hay error del operario	Porque falta capacitación y supervisión	Porque no existe instructivo o procedimiento de rutina de patio
Grumos	Alambre ingresa húmedo a la tina	Embobinadoras	Porque el alambre está húmedo	Porque hay baja temperatura en el horno de secado	Porque no funciona el control de temperatura	Porque no se ha realizado Mtto	Porque Mtto no lo tiene dentro de sus prioridades
Grumos	Alambre roza con la boquilla por desajuste del soporte	Embobinadoras	Porque el alambre está pegado a la boquilla	Porque el soporte de la boquilla esta flojo	Porque hay error del operario	Porque falta capacitación y supervisión	Porque no existe instructivo o procedimiento de rutina de patio
Grumos	Baja temperatura de la tina de zinc por problemas en los quemadores	Embobinadoras	Porque hay baja temperatura de la tina de zinc	Porque hay daño de los quemadores	Porque los quemadores se apagan	Porque los quemadores en mal estado	Porque falta de mantenimiento preventivo
Grumos	Bajo nivel de la tina de cinc	Embobinadoras	Porque hay bajo nivel de cinc en la tina	Porque no hay zinc para adicionar	Porque no hubo planificación de la operación	Porque en el momento de la necesidad el almacén está Cerrado	Porque no hubo solicitud de material

Tabla # 18. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Grumos (Autoria propia)

En resumen, las causas más relevantes en la generación de no conformidades por soldadura son fallas en los drives de las embobinadoras; y de acuerdo al análisis de los 5 porque, estas fallas son por falta de mantenimiento preventivo y vibraciones externas. Como acción de mejora se propone independizar estos equipos ya que están conectados unos con otros y cualquier variación los altera enviándolos a falla.

Igualmente, para la no conformidad por grumos la falla más frecuente se debe a daños en los quemadores. De acuerdo al análisis de los 5 porque estos equipos han cumplido su tiempo de vida útil y no han planeado su cambio por unos nuevos. Otras de las causas de generación de grumos es la falla en el ajuste de las boquillas por parte del personal operativo debido a falta de capacitación.

No conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Peso por debajo del mínimo	Material incompleto por daño en el soldador	Embobinadoras	Porque se presenta material incompleto	Porque se gastan demasiado material al inicio en la soldadura	Porque el soldador estaba averiado	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de los sobre costo por causa de esta N.C
Peso por debajo del mínimo	Rotura por mala aplicación de soldadura	Embobinadoras	Porque se presenta rotura en soldadura	Porque se realiza una mala aplicación de soldadura	Porque hay error operativo	Porque no hay un instructivo de la operación de soldadura	Porque no hay capacitación al operador responsable realizar la soldadura
Peso por debajo del mínimo	Metraje errado por no reestablecer el cuenta metros.	Embobinadoras	Porque se presenta metraje errado	Porque no reestablecieron el cuenta metros	Porque hay error operativo	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del mínimo	Falla drive	Embobinadoras	Porque hay fluctuación eléctrica	Porque se ocasiona falla del drive	Porque esto genera vibración de los drive	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Peso por debajo del mínimo	Avería mecánica se partió el enganche de hilo	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay avería mecánica	Porque se partió el enganche de hilo	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de los sobre costo por causa de esta N.C

Tabla # 19. Análisis 5 ¿Por qué? Para no conformidad por Peso por Debajo
(Autoría propia)

Respecto a la no conformidad por Peso por Debajo, las causas destacables hacen referencia a errores operativos, donde predomina la falta de supervisión y capacitación del personal. Al igual que la N.C. por grumos, la acción de mejora se centra en la capacitación del personal.

En el anexo # 2 se encuentran las tablas con los resultados del ejercicio completo de 5 ¿Por qué?, pieza fundamental que agrego valor al proceso de análisis.

3.3.2 Análisis de Causa y Efecto

Una de las herramientas indispensables para la resolución de problemas es la aplicación del diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa), el cual permite direccionar las acciones de mejoramiento hacia las principales causas de las variables que están afectando el proceso.

Para la realización de estos diagramas se tomaron los resultados obtenidos en el análisis de los 5 porque y se realizaron reuniones con el equipo de trabajo. Con esta información se definieron las tablas con la identificación de las posibles causas de los 3 tipos de no conformidad, grumos tabla # 20, soldadura tabla # 21 y peso por debajo del mínimo tabla # 22.

Con la información obtenida de estas tablas se procede a realizar el diagrama de causa y efecto para cada No Conformidad. Ilustración # 40 para Grumos, ilustración # 41 para Soldadura e Ilustración # 42 para Peso por Debajo.

Los pasos en la realización del diagrama fueron los siguientes:

1. Se enuncio el problema (efecto), se analizó y conoció con exactitud su naturaleza y las causas principales que lo provocan.
2. Se definieron las categorías que se consideraron apropiadas para el problema: Métodos, maquinas, materiales, mediciones y personal.
3. Se realizó lluvia de ideas de las posibles causas.
4. Se comparó la información de la lluvia de ideas con los resultados del análisis de los 5 porque y se determinaron las causas representativas y repetitivas de cada categoría.
5. Se añadieron causas potenciales en cada categoría.

6. Se dibujó el diagrama Ishikawa.

Identificación de causas : grumos		
Categoría	Causas	Descripción
Material	Calidad del nitrógeno	El gas nitrógeno presenta agua
Material	Calidad del carbón	La mezcla del carbón no está bien preparada
Material	Calidad del zinc	El cinc contiene demasiadas impurezas
Maquinas	Boquillas de nitrógeno	Boquillas de nitrógeno deterioradas
Maquinas	Mantenimiento	No se cumple plan de Mtto
Maquinas	Reparaciones inadecuadas	Daños repetitivos en equipos mal reparados
Maquinas	Solidificación del cinc en la boquilla	Goteo de agua proveniente del enfriamiento en la boquilla por desajuste de la bandeja
Maquinas	Daño de los quemadores	Baja temperatura de la tina por daño en los quemadores
Métodos	Desajuste de boquillas	Procedimiento inadecuado para el ajuste de boquillas, falta de experiencia
Métodos	Boquillas con impurezas	No se retiran las impurezas de la tina
Métodos	Cruce de líneas	Inadecuado procedimiento de enhebre de líneas
Mediciones	Incorrecto rechazo	Variación en el criterio de rechazo
Personal	No se detecta el grumo	El operario no tiene a capacitación adecuada en la identificación de grumos

Tabla # 20. Identificación de causas de grumos (Autoría propia)

Identificación de causas : Soldadura		
Categoría	Causas	Descripción
Material	Grumos	El alambre presenta grumos que se deben retirar
Material	Rotura	Rotura por defecto de la materia prima
Maquinas	Componentes (drive)	Repuestos genéricos
Maquinas	Mantenimiento	No se cumple plan de Mtto
Maquinas	Reparaciones	Daños repetitivos
Métodos	Enredos del alambre	Alambre enredado por inadecuada operación de enhebre, falta de capacitación
Entorno	Corte de luz	Paro de la línea por fluctuación o corte de la energía
Personal	Paro de la línea	Paro inadecuado de la línea por falta de experiencia o capacitación en el manejo del equipo

Tabla # 21. Identificación de causas de Soldadura (Autoría propia)

Identificación de causas: Peso Por Debajo		
Categoría	Causas	Descripción
Material	Faltante	No se trefilo la cantidad necesaria
Material	Rotura	Rotura por defecto de la materia prima
Maquinas	Componentes (drive)	Repuestos genéricos
Maquinas	Mantenimiento	No se cumple plan de Mtto
Maquinas	Reparaciones	Daños repetitivos
Métodos	Enredos del alambre	Alambre enredado por inadecuada operación de enhebre, falta de capacitación
Entorno	Corte de luz	Paro de la línea por fluctuación o corte de la energía
Personal	Paro de la línea	Paro inadecuado de la línea por falta de experiencia o capacitación en el manejo del equipo
Personal	Rotura	Mala aplicación de soldadura

Tabla # 22. Identificación de causas de Peso por debajo del mínimo (Autoría propia)

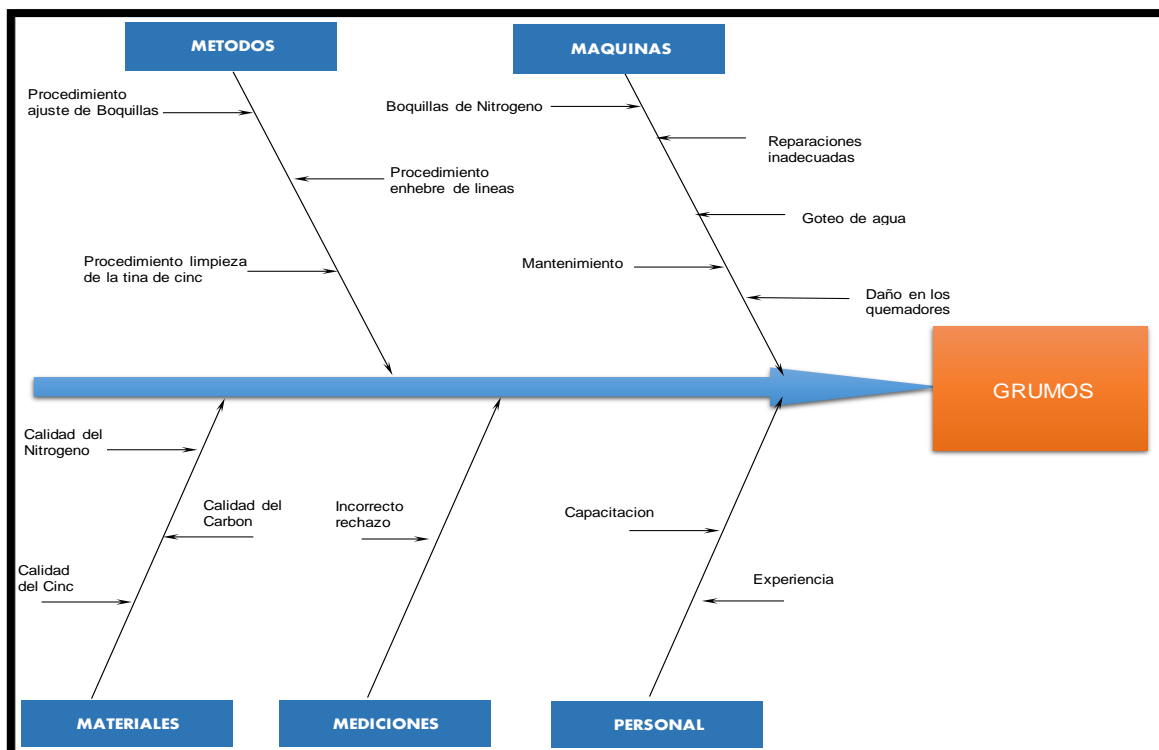


Ilustración # 40. Diagrama Causa y Efecto Grumos (Autoría propia)

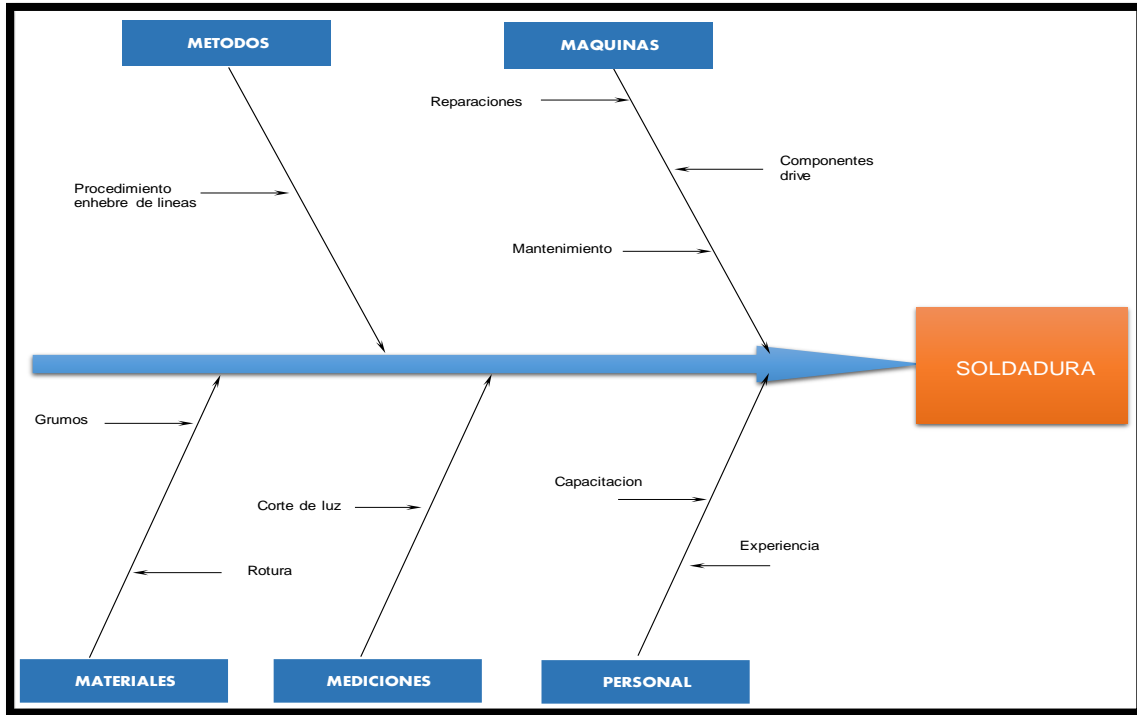


Ilustración # 41. Diagrama Causa y Efecto Soldadura (Autoría propia)

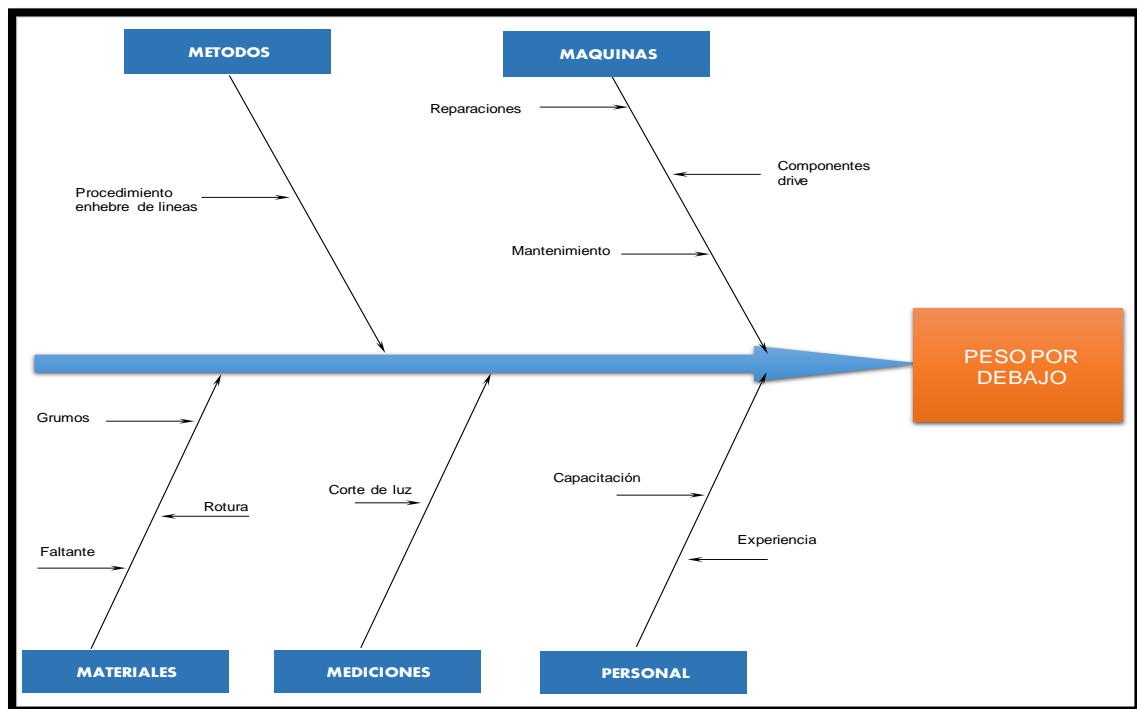


Ilustración # 42. Diagrama Causa y Efecto Peso por Debajo (Autoría propia)

3.3.3.1 Matriz de evolución de causa y efecto

Una vez identificada cada una de las variables que están afectando la línea de Galvanizado mediante el diagrama de Ishikawa, se realiza un análisis de causa y efecto a través de una matriz de evaluación, que permite calificar numéricamente el nivel de involucramiento de cada una de las variables dentro del proceso, identificando las causas que están generando mayor impacto, para luego priorizarlas de acuerdo al nivel de importancia. La aplicación y desarrollo de la matriz de evaluación de las causas fue en colaboración del equipo de trabajo, que de acuerdo a los criterios y conocimientos que ellos tienen sobre el proceso, fue posible detectar las causas que impactan negativamente la línea.

Pasos que se siguieron en el análisis:

1. Determinación del efecto: de acuerdo al proceso se determinó el efecto como una falla en el mismo, No conformidades: Grumos, Soldadura y Peso por Debajo.
2. Especificación de causas potenciales: se recopilaron las posibles causas obtenidas en el análisis de los 5 ¿porque? y se realizó una lluvia de ideas con el equipo de trabajo. Esta información se agrupó de acuerdo a su similitud y se le colocó un nombre específico.
3. Ponderación y decisión: se realizó ponderación del equipo de trabajo con un acuerdo de calificación en donde 1: No impacta, 3: impacto mínimo, 5: impacto mediano, 7 impacto significativo, 10 impacto total. Ver tabla # 23.

MATRIZ DE EVALUACION DE CAUSAS Y EFECTO									
Lideres: Luis Fernando Castro - Diana Medellin									
EVALUADORES	CARGO		Jefe Galvanizado	Jefe Calidad	Jefe Mto	Supervisor	Operador	Puntaje	Prioridad
	NOMBRE		Roger Delgado	Diana Medellin	Eduard Guerrero	Juan Barrera	Julio Martinez		
NO CONFORMIDAD	TIPO	VARIABLE							
Grumos	Material	Calidad del nitrógeno	10	7	3	10	10	40	
	Material	Calidad del carbon	10	7	10	10	10	47	2
	Material	Calidad del zinc	10	7	10	10	10	47	2
	Maquinas	Boquillas de nitrógeno	10	10	10	10	10	50	1
	Maquinas	Mantenimiento	10	7	7	10	10	44	
	Maquinas	Reparaciones inadecuadas	10	7	10	10	10	47	2
	Maquinas	Goteo de agua	10	10	10	10	7	47	2
	Maquinas	Daño de los quemadores	10	10	10	10	10	50	1
	Metodos	Desajuste de boquillas	10	10	7	10	10	47	2
	Metodos	Boquillas con impurezas	10	10	7	10	10	47	2
	Metodos	Cruce de líneas	3	7	10	10	3	33	
	Mediciones	Incorrecto rechazo	5	3	3	3	7	21	
	Personal	No se detecta el grumo	5	3	7	5	10	30	
Soldadura	Material	Grumos	7	3	3	5	7	25	
	Material	Rotura	10	3	3	10	10	36	
	Maquinas	Componentes (drive)	10	10	10	10	10	50	1
	Maquinas	Mantenimiento	7	5		5	7	24	
	Maquinas	Reparaciones	3	5		3	5	16	
	Metodos	Enredos del alambre	10	5		10	10	35	
	Entorno	Corte de luz	10	10	10	10	10	50	1
	Personal	Paro de la línea	10	7		10	10	37	2
Peso por Debajo	Material	Faltante	10	10	10	10	10	50	1
	Material	Rotura	10	5	5	10	10	40	
	Maquinas	Componentes (drive)	10	10	10	7	10	47	2
	Maquinas	Mantenimiento	3	7	5	3	3	21	
	Maquinas	Reparaciones	3	7	5	3	3	21	
	Métodos	Enredos del alambre	7	5	5	7	10	34	
	Entorno	Corte de luz	10	10	10	10	10	50	1
	Personal	Paro de la línea	10	5	5	3	5	28	
	Personal	Rotura	5	5	5	3	7	20	
Definición de la evaluación según la siguiente escala numerica:									
1: No impacta			3: Impacta Mínimo		5: Impacto Mediano		7: Impacto Significativo		10: Impacto total

Tabla # 23. Matriz de evaluación causa y efecto (Autoría propia)

4. Decisión: a los puntajes más altos de cada variable por tipo de no conformidad se les definieron dos prioridades 1 y 2. Esta asignación permite la selección de las causas raíz que se tendrán en cuenta para el plan de mejora. En la tabla # 24 se encuentran los resultados de esta evaluación.

MATRIZ DE EVALUACION DE CAUSAS Y EFECTO									
Lideres: Luis Fernando Castro - Diana Medellin									
EVALUADORES	CARGO		Jefe Galvanizado	Jefe Calidad	Jefe Mtto	Supervisor	Operador	Puntaje	Prioridad
	NOMBRE		Roger Delgado	Diana Medellin	Eduard Guerrero	Juan Barrera	Julio Martinez		
NO CONFORMIDAD	TIPO	VARIABLE							
Grumos	Material	Calidad del carbon	10	7	10	10	10	47	2
	Material	Calidad del zinc	10	7	10	10	10	47	2
	Maquinas	Boquillas de nitrógeno	10	10	10	10	10	50	1
	Maquinas	Reparaciones inadecuadas	10	7	10	10	10	47	2
	Maquinas	Goteo de agua	10	10	10	10	7	47	2
	Maquinas	Daño de los quemadores	10	10	10	10	10	50	1
	Metodos	Desajuste de boquillas	10	10	7	10	10	47	2
	Metodos	Boquillas con impurezas	10	10	7	10	10	47	2
Soldadura	Maquinas	Componentes (drive)	10	10	10	10	10	50	1
	Entorno	Corte de luz	10	10	10	10	10	50	1
Peso por Debajo	Personal	Paro de la línea	10	7		10	10	37	2
	Material	Faltante	10	10	10	10	10	50	1
	Maquinas	Componentes (drive)	10	10	10	7	10	47	2
	Entorno	Corte de luz	10	10	10	10	10	50	1

Tabla # 24. Resultados evaluación Causa y Efecto (Autoría propia)

3.3.3 Resumen analizar

La fase Analizar permitió identificar las causas raíz que están generando el producto no conforme por Grumos, Soldadura y Peso por Debajo del proceso de Galvanizado; las más representativas son el no reemplazo de los quemadores del horno de Cinc y los drives, la no programación de capacitaciones para los operadores y personal de mantenimiento, la falta de mantenimiento preventivo, la ausencia de supervisión efectiva y el atraso de inversión en equipos de generación eléctrica, respectivamente. Se logró analizar los métodos y las opciones de mejoramiento que requieren ser implementadas en la siguiente fase tales como la independencia en los drives de la embobinadoras, los ajustes - limpieza de las boquillas de nitrógeno y el cambio de las boquillas de los quemadores.

En esta etapa se realizaron reuniones y visitas a planta las cuales ayudaron a identificar y analizar dichas causas y así poder llevar a cabo el estudio.

3.4 Mejorar

En esta etapa de la metodología DMAIC se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora que se desencadenan de los análisis realizados en la etapa

anterior. Se plantea un plan de mejora que permita mejorar el desempeño del proceso, dando lugar a la disminución en la ocurrencia de errores producidos por la intervención de las variables antes mencionadas.

Para realizar el plan de mejora se contó nuevamente con el equipo de trabajo conformado por el equipo de proyecto, un líder del área funcional de mantenimiento, un líder del área funcional de producción y un líder del área funcional de calidad; en cada reunión con el equipo de trabajo se plantearon y evaluaron las diferentes alternativas de solución que permitieran mejorar el desempeño del proceso y que dieran lugar a la disminución en la ocurrencia de errores producidos por la intervención de las variables antes mencionadas.

3.4.1 Plan de mejora

Con el propósito de cumplir de manera organizada, priorizada y planificada las acciones de mejora se ejecutaron los siguientes pasos para construir el plan de mejora:

- ✓ Identificar área de mejora

Este paso se realizó dentro de la metodología DMAIC, cuando en la etapa de Definir se estableció que la línea de galvanizado cubre la mayor generación de no conformidades y con ello la mayor pérdida económica para Knight.

- ✓ Detectar las principales causas del problema

Para iniciar la solución de problema y por lo tanto la ejecución de la mejora, se identificaron las principales causas que originan las no conformidades en la línea de galvanizado, este ejercicio se desarrolló dentro de la metodología DMAIC en la etapa de Analizar, utilizando las herramientas de espina de pescado (causa y efecto), diagrama de Pareto y 5 ¿por qué?

- ✓ Formular el objetivo

Una vez identificado el área de mejora y detectado las principales causas del problema, se formuló el objetivo. El objetivo se basa en los resultados obtenidos dentro de la metodología DMAIC en la etapa de Medir, donde se calculó el nivel sigma de la línea de galvanizado para cada no conformidad

que conforma el Pareto de las mismas; por tanto, se establece como objetivo mejorar el nivel sigma de la línea de galvanizado atacando cada causa que ocasiona las no conformidades Pareto.

✓ Seleccionar las acciones de mejora

Para seleccionar las posibles alternativas de mejoras y posteriormente, priorizar las más adecuadas, se realizó en reuniones con el equipo de trabajo, implementando en ellas la técnica de tormenta de ideas, como estrategia vinculante y propositiva para encontrar la solución de cada una de las no conformidades y las mejoras para estabilizar el proceso. Se dispuso con ello, de un listado de las principales actuaciones que deberán realizarse para cumplir los objetivos prefijados.

✓ Realizar una Planificación

Del listado obtenido en el anterior paso, se realiza una priorización y se presentan los que finalmente pueden ponerse en marcha e incluirlos en el plan de mejoras. Los criterios de decisión utilizado para priorizar y seleccionar las acciones a planificar fueron: dificultad en la implementación (mucha, bastante, poca, ninguna), plazo de implementación (largo, medio, corto, inmediato) e Impacto en la organización (ninguno, poco, bastante, mucho).

✓ Seguimiento al Plan de Mejora

Se genera un cronograma de trabajo, con la priorización de las actividades, los plazos para la ejecución, los responsables de la ejecución y los responsables del seguimiento.

En la tabla # 25 se encuentra el plan de mejora propuesto por los líderes del proyecto.

MEJORAS E IMPLEMENTACIONES	NO CONFORMIDAD	PERIODO DE EJECUCIÓN	RESPONSABLE	RESULTADO ESPERADO	INDICADOR	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO
Elaborar planilla de mejoras: Mejora, Responsable, Fecha de Entrega.	Soldadura Grumos Peso por debajo	Noviembre 2017 Diciembre 2017	Luis F Castro Diana Medellin (Líderes del proyecto)	Documento para el Control de las mejoras sugeridas.	$\frac{\text{Actividad Planteada}}{\text{Actividad Ejecutada}} \times 100 = 100\%$	Luis F Serrano Gerente de Planta
Realizar Análisis de costos de las mejoras en los equipos críticos para reducir fallas y mejorar confiabilidad del proceso.	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Enero 2018 Febrero 2018	Gina Escorcía (Jefe de Mtto)	Evaluación costos de las mejoras y priorizar acciones a implementar.	$\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo Operativo}} \times 100 \geq 98\%$ $\text{PAYBACK} \leq 1 \text{ AÑO}$	Luis F Serrano Gerente de Planta
Independizar Drives de las maquinas Embobinadoras y Rotolay	Soldadura	Enero 2018 Febrero 2018	Jorge Flores (Jefe de mantenimiento Eléctrico)	Reducir la falla de los equipos por causas externas a la operación de la línea.	Las fallas por Drives se reducen de un promedio de 3 fallas mensuales en el año base a 1 falla mensual en el año de implementación.	Luis F Serrano Gerente de Planta
Realizar cambio de los quemadores del horno	Grumos	Enero 2018 Febrero 2018	Gina Escorcía (Jefe de Mtto)	Controlar la variable temperatura en el horno y reducir no conformidad por grumos	Las N.C por Grumos debido a temperatura de horno se reducen de 8 unidades mensuales en el año base a 3 unidades mensuales en el año de implementación.	Luis F Serrano Gerente de Planta

Cambiar bandeja del sistema de Enfriamiento	Grumos	Enero 2018 Febrero 2018	Gina Escorcía (Jefe de Mto)	Evitar contaminación del carbón con agua y con ello evitar formación de grumos.	Las N.C por Grumos debido a contaminación del carbón se reducen de 24 unidades en el año base a 8 unidades en el año de implementación.	Luis F Serrano Gerente de Planta
Formular e Implementar plan de mantenimiento preventivo y predictivo por parte del área de mantenimiento.	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Enero 2018 Junio 2018	Gina Escorcía (Jefe de Mto)	Mejorar la confiabilidad de los equipos y vida útil de los mismos, alistamientos y arranques de planta efectivos.	$\text{PAYBACK} \leq 1 \text{ AÑO}$ $\frac{\text{Tiempo Efectivo}}{\text{Número de eventos}} \geq 7 \text{ días}$	Luis F Serrano Gerente de Planta
Diseñar y ejecutar Programa de Capacitación al Personal Operativo e implementar Carta de Calidad de Producto No Conforme	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Enero 2018 Marzo 2018	Diana Medellín (Jefe de calidad)	Mejorar la confiabilidad de la operación, la calidad de los trabajos técnicos y la identificación de No conformes; generar motivación y sentido de pertenencia al personal.	$\frac{\text{Personal capacitado}}{\text{total Empleados}} \times 100 = 100\%$ $\frac{\# \text{ dctos implementados}}{\# \text{ dctos planeados}} \times 100 = 100\%$	Luis F Serrano Gerente de Planta

Realizar curso de supervisión efectiva para el personal responsable de la supervisión de la línea de Galvanizado.	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Febrero 2018 Marzo 2018	Roger Delgado (Jefe de Línea)	Mejorar la comunicación entre el supervisor y su personal a cargo, reducir los errores operativos y crear un espacio de exploración de ideas y mejoras del proceso.	$\frac{\text{Personal capacitado}}{\text{total Empleados}} \times 100$ $= 100\%$	Luis F Serrano Gerente de Planta
Realizar análisis de pre-factibilidad y factibilidad para la implementación de cogeneración dentro de la planta de Knight.	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Enero 2018 Mayo 2018	Luis f Serrano (Gerente de planta)	Mejorar la confiabilidad del fluido eléctrico y con ello garantizar la estabilidad de línea.	$\text{PAYBACK} \leq 1 \text{ AÑO}$	Luis F Serrano Gerente de Planta
Implementar formato de verificación de las especificaciones de calidad del producto durante su fabricación.	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Enero 2018 Febrero 2018	Diana Medellin (Jefe de calidad)	Recolección de datos confiables durante el proceso de galvanizado que permitan actuar con prontitud ante variaciones de calidad.	$\frac{\# \text{ dctos implementado}}{\# \text{ dctos planeados}} \times 100$ $= 100\%$	Luis F Serrano Gerente de Planta

Realizar y presentar Informe de mejora e implementaciones	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Junio 2018 Diciembre 2018	Roger Delgado y Diana Medellin (Jefe de línea y jefe de calidad)	Documentar proceso de mejora.	$\frac{\text{Actividad Planteada}}{\text{Actividad Ejecutada}} \times 100$ = 100%	Luis F Serrano Gerente de Planta
Presentar al comité de Gerencia el cierre de la etapa de Mejora e implementación	Soldadura Grumos Peso Por debajo	Junio 2018 Diciembre 2018	Todo el equipo de trabajo	Presentar proyecto con los respectivos resultados.	$\frac{\# \text{ dctos implementado}}{\# \text{ dctos planeados}} \times 100$ = 100%	Luis F Serrano Gerente de Planta

Tabla # 25. Plan de mejora (Autoría propia)

En este plan se pueden apreciar las acciones de mejora, los responsables de la ejecución, la fecha y el resultado esperado. Esta tabla da apoyo al proceso para llevar un debido control de las actividades y una debida organización.

El resultado esperado de cada una de las acciones propuestas, dependerá del apoyo de la alta gerencia para la implementación a tiempo de las mismas y la motivación que de esta pueda generarse para las áreas que intervienen en cada proceso.

Estas acciones de mejora son el resultado del análisis sistemático que se realizó empleando las herramientas de los 5 ¿por qué? y análisis de causa y efecto, ejercicios realizados en reuniones de grupo primario, donde se utilizó la lluvia de ideas como estrategia vinculante y propositiva para encontrar las causas de las no conformidades, las soluciones a ellas y las mejoras para estabilizar el proceso.

Los logros alcanzados en cada acción implementada, hacen parte del éxito de cada decisión analizada y de ellos nacerán nuevos retos, porque esta filosofía de six sigma reta a la medición efectiva del proceso y a la mejora continua en equipo.

3.5 Controlar

En esta etapa del ciclo se establecieron métodos de control con el objetivo de mantener los resultados obtenidos luego de la implementación de las mejoras en el proceso de galvanizado, de manera que no se generen variaciones que afecten la calidad del producto.

Algunos elementos a considerar en esta fase son:

1. Disciplina: se requiere disciplina tanto en términos de normas e instrucciones establecidas para las actividades propuestas y en términos de actitud de las personas que se desempeñan en este contexto.
2. Estandarización: estandarización en términos de generación, puesta en práctica y mejora de las normas que se van a establecer como mejora al proceso. La estandarización obliga a concentrarse en lo relevante y facilita, además, una

comunicación más efectiva al utilizar un lenguaje preciso. Por otro lado, permite automatizar en buena medida el sistema de monitoreo.

3. Documentación: mantener la documentación simple, clara, con instrucciones para manejar situaciones de emergencia. Diseñar e implementar un proceso para revisiones y actualizaciones. Tener la documentación disponible para todos los involucrados en la línea, ya que el trabajo en generar un buen documento se pierde si éste no se utiliza.

4. Monitoreo: el monitoreo o medición permanente permitirá vigilar el comportamiento del proceso, a fin de poder tomar medidas correctivas oportunas ante eventuales desviaciones.

Teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente, el grupo de trabajo se reunió y de acuerdo a la lluvia de ideas se estableció el plan de control, Tabla # 26. Este plan refleja la estrategia de control a largo plazo que asegura que las mejoras sigan siendo eficaces, permite identificar las deficiencias y variaciones en el objetivo de la mejora para implementar ajustes.

El procedimiento para su realización fue el siguiente:

1. Identificar las variables de salida y especificaciones del cliente externo – interno.
2. Determinar las variables críticas de entrada para lograr la salida esperada. Nivel sigma, cantidad de producción, cantidad de no conformes, causas de no conformes, reclamaciones, mantenimiento, etc.
3. Para las variables determinar valor objetivo, sistema de medición, indicador, frecuencia, tamaño de la muestra, responsable, herramientas y regla de decisión.

Área	Actividad	Que se controla	Indicador	Límites especificación/ requerimientos	Método de medición	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Responsable	Donde se registra - herramientas	Regla de decisión
Administración	Reunión de seguimiento de mejoras, plan de comunicación de los hallazgos y conclusiones de las actividades	Cumplimiento plan de mejora	Mejoras implementadas/ mejoras planteadas * 100	Límite inferior: 0%, cumplimiento Límite superior: 100 % cumplimiento	Culminación al 100% de las actividades	Todas las actividades	Mensual	Roger Delgado (Jefe de línea)	Agenda Outlook, plan de mejora	Avisar al equipo del proyecto
Calidad	Seguimiento comportamiento nivel sigma del proceso para las no conformidades críticas grumos, soldadura y peso por debajo	Nivel sigma	Nivel sigma grumos, nivel sigma soldadura, nivel sigma peso por debajo y nivel sigma global	Límite inferior: nivel sigma 2016 Límite superior: nivel sigma 6	Método por variable cualitativa	100 Ton	Semanal	Diana Medellín (Jefe de Calidad)	Formato de seguimiento, programa minitab	Avisar al equipo del proyecto
Calidad - producción	Seguimiento generación de producto no conforme por causa crítica: Grumos, soldadura, peso por debajo	Generación de producto no conforme por causa crítica y total	Cantidad de producto no conforme por causa crítica / ton procesado Cantidad de producto no conforme total / ton procesado	Límite inferior: 0 producto NC crítico/ ton procesado Límite superior: Cantidad producto NC crítico/ tonelaje procesado 2016	Procedimiento producto no conforme Knight	10 Ton	Diario	Diana Medellín (Jefe de Calidad) Roger Delgado (Jefe de línea)	Etiqueta de producto no conforme, programa SIIK calidad, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Calidad - producción	Seguimiento a la repetibilidad de las causas de las no conformidades críticas por lote defectuoso	Causas de no conformidades críticas	Repeticiones de causa de producto no conformidad crítica	Límite inferior: 0 repeticiones Límite superior: repeticiones de causa de NC crítica 2016	Análisis 5 porque	10 Ton	Diario	Diana Medellín (Jefe de Calidad) Roger Delgado (Jefe de línea)	Formato de ruta de mejoramiento, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Calidad	Seguimiento costos de disposición línea de galvanizado	Costos de disposición de producto no conforme por causa crítica y total	Costo disposición producto no conforme galvanizado / costo disposición planta	Límite inferior: \$0 disposición de producto NC Límite superior: costo \$ disposición producto NC 2016	Procedimiento producto no conforme Knight	10 Ton	Diario	Diana Medellín (Jefe de Calidad)	Base de datos de producto no conforme, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Calidad	Seguimiento a reclamaciones de clientes por no conformidades críticas	Reclamaciones por no conformidades críticas	Cantidad de reclamos por no conformidades críticas línea de galvanizado / total reclamos planta	Límite inferior: 0 reclamaciones Límite superior: reclamaciones no conformidades críticas 2016	Procedimiento reclamos Knight	Cantidad de reclamos mes	Mensual	Diana Medellín (Jefe de Calidad)	Base de datos de reclamaciones, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Mantenimiento	Seguimiento al plan de mantenimiento predictivo y preventivo	Ejecución actividades de mantenimiento	% Cumplimiento plan de mtto (Actividades programadas/ actividades ejecutadas)	Límite inferior: 0% cumplimiento Límite superior: 100 % cumplimiento	Procedimiento gestión de mtto Knight	Cantidad de actividades programadas por mes	Mensual	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	Cronograma mtto, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Mantenimiento	Seguimiento a los paros de planta por falta de energía eléctrica	Paros de planta por falta de energía eléctrica	Cantidad de paros de planta por falta de energía eléctrica/mes	Límite inferior: 0 paros de planta Límite superior: Paros de planta 2016	Base de datos zona franca - electricaribe	Cantidad de paros de planta por mes	Mensual	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	Reportes de fallas de energía eléctrica, Excel	Avisar al equipo del proyecto
Producción	Seguimiento al total de producción de la línea	Cantidad de producto en proceso y producto final	Cantidad total de producto/ mes	Límite inferior: 0 producto procesado Límite superior: Cantidad de producto procesado 2016	Procedimiento gestión de producción Knight	Producción semanal	Semanal	Roger Delgado (Jefe de línea)	Formato de seguimiento, Excel	Avisar al equipo del proyecto

Tabla # 26. Plan de control. (Autoría propia)

CAPITULO # 4

En el presente capitulo se desarrolla el plan de implementación del proyecto, el cual incorpora todos los aspectos relevantes para la ejecución de las actividades definidas en el plan de mejora. Para su realización se tuvieron en cuenta los pasos necesarios para que dichas mejoras se cumplan de acuerdo a lo establecido por el equipo de trabajo del proyecto.

4. Plan de implementación.

Después del diseño detallado del plan de mejora, la siguiente etapa es crear un plan de implementación del mismo, en el cual se describen las actividades, herramientas y fechas de ejecución, para llevar a cabo no solo las mejoras halladas por medio de la metodología, si no cada paso requerido que permita generar orden, compromiso y empoderamiento en los responsables de lograr el objetivo.

En reunión con el equipo de proyecto, el gerente financiero y el gerente de planta, se realiza el plan de implementación, el cual se presenta en la tabla # 27. Este plan debe ser la guía para desarrollar las actividades propuestas en las etapas de mejora y control.

ACTIVIDAD	Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha final	Año 1	Año 2				Año 3			
					4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Capacitar colaboradores en Six Sigma	Capacitación Six Sigma – Yellow Belt a jefes y coordinadores de áreas funcionales	Juliana goethe (Jefe de gestion humana)	01/12/2017	15/01/2018									
	Capacitación Six Sigma - Green y Black Belt a jefes de áreas funcionales	Juliana goethe (Jefe de gestion humana)	01/02/2018	31/03/2018									
	Evaluación de capacitación	Juliana goethe (Jefe de gestion humana)	15/04/2018	15/05/2018									
Presentar planilla de soluciones e implementaciones	Reunión de grupo primario (Área Operativa, área de Mantenimiento y Área de Calidad)	Diana Medellin (Jefe de calidad)	15/11/2017	15/11/2017									
Presentar análisis de costos de las mejoras, retorno de la inversión y plan de mejora	Desarrollo y documentación del Análisis de Costos de las mejoras, retorno de la inversión y plan de mejora	Luis Serrano (Gerente de planta)	01/01/2018	01/02/2018									
	Reunión Junta Directiva	Luis Serrano (Gerente de planta)	15/02/2018	15/02/2018									
Independizar los Drives de las maquinas Embobinadoras y Rotolay	Cotización y Orden de Compra de nuevos Drives y elementos necesarios para su instalación	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/03/2018	01/04/2018									
	Programación de fecha de ejecución del cambio de Drives	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	05/04/2018	05/04/2018									
	Instalación y pruebas de Drives	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/05/2018	03/05/2018									
	Seguimiento y documentación de la mejora	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	04/05/2018	31/05/2018									

ACTIVIDAD	Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha final	Año 1	Año 2				Año 3			
					4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambiar quemadores del horno	Cotización y orden de compra de nuevos quemadores del horno así como de los materiales necesarios para su instalación	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/03/2018	01/04/2018									
	Programación de fecha de ejecución del cambio de quemadores	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	05/04/2018	05/04/2018									
	Instalación y pruebas de los quemadores	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/05/2018	03/05/2018									
	Seguimiento y documentación de la mejora	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	04/05/2018	31/05/2018									
Cambiar bandeja del sistema de enfriamiento	Cotización y orden de compra de nueva bandeja así como de los materiales necesarios para su instalación	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/04/2018	01/05/2018									
	Programación de fecha de ejecución del cambio de bandeja	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	05/05/2018	05/05/2018									
	Instalación y pruebas de la bandeja	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/06/2018	03/06/2018									
	Seguimiento y documentación de la mejora	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	04/06/2018	30/06/2018									

ACTIVIDAD	Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha final	Año 1	Año 2				Año 3			
					4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Capacitar Personal Operativo en ajuste y limpieza de boquillas de inyección de Nitrógeno	Capacitación e implementación de programa 5s a operadores de la línea de galvanizado	Roger Delgado (Jefe de mtto)	01/07/2018	01/08/2018									
	Capacitación e implementación filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Programa mantenimiento autónomo a operadores de la línea de galvanizado	Roger Delgado (Jefe de mtto)	05/08/2018	05/09/2018									
	Evaluación de capacitación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	10/09/2018	10/09/2018									
	Evaluación de implementación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	30/09/2018	30/10/2018									
Plan de limpieza de tina de zinc	Capacitación e implementación programa 5s a operadores de la línea de galvanizado	Roger Delgado (Jefe de mtto)	01/07/2018	01/08/2018									
	Evaluación de capacitación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	10/09/2018	10/09/2018									
	Evaluación de implementación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	30/09/2018	30/10/2018									

ACTIVIDAD	Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha final	Año 1	Año 2				Año 3			
					4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Plan de mantenimiento preventivo	Capacitación e implementación filosofía RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) al departamento de Mantenimiento	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/03/2018	31/05/2018									
	Cotización y orden de compra de software para implementación de RCM	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/04/2018	15/05/2018									
	Cotización y orden de compra de herramientas necesarias para la implementación RCM	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/04/2018	15/05/2018									
	Evaluación de Capacitación	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	10/06/2018	10/06/2018									
	Evaluación de implementación	Gina Escorcía (Jefe de mtto)	01/07/2017	30/08/2017									
Desarrollar habilidades para la supervisión efectiva	Capacitación en técnicas de supervisión efectiva para jefes, supervisores y coordinadores	Roger Delgado (Jefe de mtto)	01/07/2018	01/08/2018									
	Evaluación de Capacitación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	10/09/2018	10/09/2018									
	Evaluación de implementación	Roger Delgado (Jefe de mtto)	30/09/2018	30/10/2018									

ACTIVIDAD	Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha final	Año 1	Año 2					Año 3			
					4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	
Mejorar Confiabilidad y eficiencia de la red eléctrica (Proyecto de Cogeneración)	Carta de Invitación a licitar para el desarrollo de la ingeniería conceptual, ingeniería de detalle del proyecto de cogeneración para la empresa Knight S.A.S	Luis Serrano (Gerente de planta)	01/08/2018	01/09/2018										
	Selección de oferente de la ingeniería conceptual, ingeniería de detalle del proyecto de cogeneración para la empresa Knight S.A.S	Luis Serrano (Gerente de planta)	10/09/2018	10/09/2018										
	Carta de invitación a licitar para la instalación y puesta en marcha del equipo de cogeneración seleccionado en la ingeniera de detalle	Luis Serrano (Gerente de planta)	01/10/2018	01/11/2018										
	Selección de oferente para la instalación y puesta en marcha del equipo de cogeneración seleccionado en la ingeniera de detalle	Luis Serrano (Gerente de planta)	10/11/2018	10/11/2018										
	Instalación y puesta en marcha del equipo de Cogeneración	Luis Serrano (Gerente de planta)	01/01/2019	01/04/2019										
	Cierre y entrega del proyecto de cogeneración	Luis Serrano (Gerente de planta)	01/04/2019	01/06/2019										

Tabla # 27. Plan de implementación (Autoría propia)

CAPITULO # 5

5.1 Conclusiones

La implementación de un programa Six Sigma para el Proceso de Galvanizado de Knight S.A.S y el uso de las herramientas estadísticas, hace parte de la solución de la problemática actual, generación de producto no conforme que conlleva a costos adicionales y pérdida de la productividad. Sin embargo, para tener éxito en el resultado es necesario del compromiso del personal y de la habilidad para tomar decisiones y realizar los ajustes necesarios.

La metodología DMAIC permitió conocer los parámetros del proceso, el rango de variación, el índice de capacidad y nivel sigma, además la familiarización con la correcta interpretación del mismo. Gracias al desarrollo del análisis estadístico, se logró identificar las principales no conformidades en el producto, grumos, soldadura y peso por debajo del mínimo; para estas se hallaron las principales causas raíces las cuales son la base para determinar las acciones de mejora.

La propuesta generó estrategias de mejoramiento continuo relacionados con el área de calidad, mantenimiento, producción y administración de forma tal que sean sustentables en el tiempo y se adapten a las necesidades del proceso logrando la competitividad y excelencia del mismo.

Se espera que los planes de mejora propuestos reduzcan significativamente la cantidad de producto no conforme, con el objetivo de optimizar los recursos dentro de la operación y evitar costos adicionales.

Durante la implementación de la metodología DMAIC se generaron varios beneficios potenciales que van dirigidos al sector industrial, autogeneración de energía; como los factores que se deben tener en cuenta para la reducción en la

generación de producto no conforme, además las evaluaciones de eficiencia de cada lote de producción con respecto a los resultados obtenidos en la fase de medición y análisis.

El mayor logro es motivar al personal de la línea al aprendizaje y la aplicación de las técnicas estadísticas. Para que se genere compromiso se les proporcionará información, técnicas y herramientas que les permitan participar en las actividades del proceso de mejoramiento continuo, se sostendrá la comunicación respecto a los resultados obtenidos, así como las felicitaciones por los éxitos alcanzados.

Al exponer este trabajo a la gerencia se espera aprobación y adopción del mismo teniendo en cuenta los beneficios que trae a la compañía como reducción de costos, aseguramiento de la calidad y confiabilidad para sus clientes.

Finalmente, la metodología Six Sigma es usada como una herramienta que complementa el proceso de control y la cual permite relacionarlo con las exigencias del cliente.

5.2 Recomendaciones

La resolución final y la viabilidad real del proyecto deberán ser evaluadas por la Gerencia General de Knight S.A.S, se recomienda un análisis minucioso del proyecto ya que representa una oportunidad de mejora importante con un impacto amplio para el negocio y para los clientes tanto internos como externos.

El proyecto como tal, es la primera etapa en un camino de consolidación para alcanzar la mejora continua. De ahí la necesidad de comprometer a todo el equipo de Knight S.A.S. Es recomendable motivar al personal para ser partícipes del proyecto. Esto garantiza el empoderamiento para una futura autogestión.

En caso de aprobarse el plan de mejora, se deberá hacer un seguimiento y una evaluación de la efectividad de las actividades, para esto se recomienda la definición

de indicadores adicionales de soporte para perspectiva financiera, clientes y mercado.

Se recomienda el establecimiento de canales de sugerencias formales desde los empleados hasta la administración. Son los operadores quienes más conocen de sus procesos y saben cómo mejorarlos, de ahí que las principales ideas surgen siempre de dueño del proceso.

Se recomienda extender la aplicación de la metodología a la línea de Alambre brillante y PC; en donde se tienen problemas de generación de producto no conforme pero en menor proporción. Esta situación también afecta la productividad y genera sobrecostos. Estas líneas deberían tener los próximos proyectos Six Sigma.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ AGUIRRE, A. (2010). Aplicación de metodología seis sigma para mejorar la Capacidad de proceso de la variable nivelación vertical en La aplicación de pintura (fondos) de una ensambladora de Vehículos. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial.
- ✓ ANDI Cámara Fedemetal y IDU (Insituto de Desarrollo Urbano). (2013), Guía Práctica de Galvanizado por Inmersión en Caliente. Recuperado de http://www.andi.com.co/cf/PublishingImages/Paginas/Documentos_de_interes/Guia%20de%20Galvanizado%20Inmersi%C3%B3n%20en%20Caliente.pdf.
- ✓ DUARTE, G. (2008). Mejoramiento de los procesos de forja, mecanizado y ensamble de tubos para ejes diferenciales mediante los lineamientos de la herramienta seis sigma en forcol Ltda. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierias Fisicomecanicas Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
- ✓ GUTIERREZ, H. y DE LA VARA, R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. McGraw Hill. Segunda Edición, Capitulo 5
- ✓ LSSI, (2015). “Yellow Belt, manual y servicios” www.leansixsigmainstitute.com.
- ✓ KNIGHT. (2014). Informe de producto no conforme. Aseguramiento de calidad
- ✓ KNIGHT. (2015). Informe de producto no conforme. Aseguramiento de calidad

- ✓ KNIGHT. (2016). Informe de producto no conforme. Aseguramiento de calidad

- ✓ MARTINES, D. y ÁNGEL, B. (2012). Plan de implementación de Six Sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior. Prospect. Vol. 10, No. 2, 14-15.

- ✓ MEDELLIN, D. (2012). Procedimiento de producto no conforme. Versión # 2. 1-11.

- ✓ MEDELLIN, D. Manual de calidad Knight S.A.S. (2012). Versión 2.

- ✓ RAMIREZ, C. (2005). Control estadístico del proceso bajo la metodología seis sigma aplicado en el proceso de extracción aceite de palma -oleaginosas las brisas s.a. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

- ✓ RUIZ (2009). Introducción a Seis Sigma. Universidad pontificia ICAI.

- ✓ ORTIZ, J. Y DAZA, . (2015). Reducir el porcentaje de producto no conforme por adherencia o incrustación en la línea de fibrocemento de eternit pacífico s.a. Universidad de San Buenaventura Cali Facultad de Ingeniería Ingeniería Industrial.

- ✓ SUNG. H. (2003). Six Sigma Framework: DMAIC Process. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Serie 32. Japon Published by Asian Productivity Promotion.

ANEXOS

ANEXO # 1. Análisis nivel Sigma.

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)		VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)		% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	1.0	0.2700%	2 699.934
0.3	36.8120%	368 120.183	1.1	0.0967%	966.965
0.4	23.0139%	230 139.463	1.2	0.0318%	318.291
0.5	13.3614%	133 614.458	1.3	0.0096%	96.231
0.6	7.1861%	71 860.531	1.4	0.0027%	26.708
0.7	3.5729%	35 728.715	1.5	0.0007%	6.802
0.8	1.6395%	16 395.058	1.6	0.0002%	1.589
0.9	0.6934%	6 934.046	1.7	0.0000%	0.340
			1.8	0.0000%	0.067
			1.9	0.0000%	0.012
			2.0	0.0000%	0.002

Tabla # 28 .Valores de C_p en términos de Defectos por millón (GUEVARA, 2009)

CALIDAD DE CORTO PLAZO (SUPONIENDO UN PROCESO CENTRADO)				CALIDAD DE LARGO PLAZO CON UN MOVIMIENTO DE 1.5σ		
ÍNDICE C_p	CALIDAD EN SIGMAS Z_c	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA DE ESPECIFICACIONES	ÍNDICE Z_L	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES	PPM FUERA DE ESPECIFICACIONES
0.33	1	68.27	317 300	-0.5	30.23	697 700
0.67	2	95.45	45 500	0.5	69.13	308 700
1.00	3	99.73	2 700	1.5	93.32	66 807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6 210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2.00	6	99.9999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Tabla # 29. Valores de C_p y su interpretación. (GUEVARA, 2009)

VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Tabla # 30. Calidad de corto y largo plazo (nivel sigma) en términos C_p , Z y PPM defectos. (GUEVARA, 2009)

ANEXO # 2. Análisis 5 porque.

No conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Soldadura	Avería eléctrica	Embobinadoras	Porque hay parada de la maquina	Porque hay avería eléctrica	Porque hay vibración en la línea	Porque hay movimiento de la piedra	Porque no hay mantenimiento preventivo
Soldadura	Avería eléctrica en acumulación	Embobinadoras	Porque hay parada de la maquina	Porque hay avería eléctrica	Porque hay exceso de espiras en el tambor	Porque no se estaba acumulando	Porque no hay supervisión
Soldadura	Avería mecánica en contrapuntos	Embobinadoras	Porque hay parada de la maquina	Porque se partieron los tornillos de los contrapuntos	Porque los Tornillos presentan desgastes	Porque hay exceso de uso	Porque no hay mantenimiento preventivo
Soldadura	Baja temperatura de la tina de zinc por falla en los quemadores causa grumo que se debe retirar	Embobinadoras	Porque se paró línea	Porque se presenta grumos	porque se bajó la temperatura de la tina de zinc	Porque Falla de los quemadores	Porque falta mantenimiento preventivo
Soldadura	Baja temperatura del horno	Rotolay	Porque se paró la línea	Porque se retira material con grumos	Porque se bajó la temperatura de la tina de zinc	Porque hay Problema en los quemadores	Porque falta mantenimiento preventivo
Soldadura	Daño manguera de flujo de nitrógeno	Embobinadoras	Porque se paró la línea	Porque Se rompe manguera de nitrógeno	Porque manguera presenta desgaste	Porque no hay inspección periódica del sistema	Porque falta mantenimiento preventivo al sistema
Soldadura	Enredo en la zona de cargue por exceso de espiras	Embobinadoras	Porque se paró la maquina	Enredo en la zona de cargue	Se acumularon muchas espiras	Porque no hubo supervisión	Porque no existe procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Enredo en zona de cargue por mal embobinado	Embobinadoras	Porque se paró la maquina	Porque hubo enredo en la zona de cargue	Porque se presenta Bobina mal embobinada	Porque no hubo supervisión	Porque no existe procedimiento de rutina de patio

Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque existe paro de la línea	Porque se presenta Recalentamiento	Porque hay problemas de refrigeración	Porque hay mala refrigeración del drive	Porque no hay un mantenimiento preventivo en el sistema de refrigeración del drive
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque falló el drive	Porque falla en la zona de descargue en drive del spooler	porque existe falla a tierra	porque existe un daño interno en los bornes de tierra de la tarjeta electrónica	porque hay ausencia de mantenimiento preventivo en terminales, no hay programa de limpieza de los mismos.
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque falló el drive	Porque falla en el descargue, en el drive del acumulador	Porque falla de comunicación profibus	Porque falta de mantenimiento preventivo en la tarjeta de control del drive	Porque falta mantenimiento preventivo en el conector de profibus
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque se retira grumo	Porque se paro de la línea	Porque hay Falla en el drive por recalentamiento	Porque hay vibración en los tambores electrónicos	Porque no hay un mantenimiento preventivo en sistema de los tambores electrónicos
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay Falla drive	Porque existe falla eléctrica	Porque hay mal servicio de distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo

Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	Porque hay Paro de la línea	Porque hay Falla drive	Porque hay Problemas en el tamburo enrollador	Porque se presenta Daño tamburo enrollador	Porque no hay mantenimiento preventivo del tamburo enrollador
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	porque hay material con grumos	Porque falla el drive	Porque hay problemas con el encoder	porque no hay supervisión de la línea	porque no hay mantenimiento preventivo
Soldadura	Falla drive	Embobinadoras	porque hay paro de la línea	porque hay Falla drive	porque hay problema eléctrico	porque falta de mantenimiento a los tableros y drive	porque no existe un plan de mantenimiento preventivo
Soldadura	Falla eléctrica	Embobinadoras	porque paro la maquina	porque fallo el desenrollador	Porque falla de fluido eléctrico	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Soldadura	Fallo en el elevador de la zona de cargue	Embobinadoras	porque hay paro de la línea	porque falla en el elevador de la zona de cargue	porque el elevador se queda pegado	porque falta mantenimiento preventivo	Porque no existe plan de mantenimiento preventivo
Soldadura	Falta de fluido eléctrico	Embobinadoras	Porque se paro la línea	Porque se retira grumo	Porque falla de fluido eléctrico	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Soldadura	Falta de fluido eléctrico	Embobinadoras	Porque se paro la línea	Porque falla de fluido eléctrico	Porque hubo bajón del fluido eléctrico	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Soldadura	Falta de material en la zona de cargue	Embobinadoras	porque paro la maquina	Porque falta material en zona de cargue	Porque se gastó demasiado material en el inicio	Porque no hay supervisión de la línea	porque no se capacita al personal en el procedimiento de operación de la línea

Soldadura	Falta de tensión en la zona de cargue.	Embobinadoras	Porque se paró la línea	Porque se generó grumo	Porque la bobina en zona de carga se enredo	Porque se sale espira por falta de tensión	Porque falta supervisión en la línea por parte del operador
Soldadura	Faltante de material porque se retiran grumos por movimiento de líneas	Embobinadoras	Porque se retira material por presentar grumos	Porque hay movimiento de la tina de cinc	Porque se realizó mal enhebre de líneas	Porque no hay supervisión de la línea	porque no se capacita al personal en el procedimiento de operación de la línea
Soldadura	Grumos por daño en la válvula de ácido.	Embobinadoras	Porque hay Paro de la línea	Porque hay grumos	Porque hay daño en la válvula de ácido	Porque falta de mantenimiento	Porque no hay plan de mantenimiento preventivo
Soldadura	Grumos por movimiento en el carbón	Embobinadoras	Porque se paró la línea	Porque se presentó grumos en el alambre, material presenta mal aspecto	Porque cortan la línea para retirar y soldar	Porque el cambio del carbón genera grumos	Porque hubo mal movimiento en el cambio del carbón
Soldadura	La falla eléctrica origina la rotura y se procede a soldar para terminar la carreta	Rotolay	porque paro la maquina	porque falla drive	porque la maquina presenta problema eléctrico	Porque falta de mantenimiento a los tableros y drive	Porque no hay plan de mantenimiento preventivo
Soldadura	mala soldadura al cambiar la bobina causa rotura y toco volver enhebrar y en esa operación se movió la tina causando grumo	Embobinadoras	Porque salió grumo en el alambre	porque estaban enhebrando la línea del italiano	porque causaron vibración en la tina	porque se partió por una mala soldadura al momento de realizar el cambio de bobina	porque no hay un procedimiento o instructivo para la operación de soldadura

Soldadura	Paro de la línea por falta de aire	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay Falta de aire	Porque se apago el compresor	Porque no hay inspección del compresor	Porque no hay procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Paro de la línea	Rotolay	Porque hay paro de la línea lo cual genera grumos	Porque se revienta el alambre en la zona de cargue.	Porque los enderezadores muy apretados generan fricción	Porque la fricción causan fractura.	Porque falta revisión operativa de los enderezadores
Soldadura	Paro de la línea por fluctuación y falla de energía	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay fluctuación y falla del fluido eléctrico	Porque el distribuidor de energía no es confiable	Porque no existe planta eléctrica de respaldo	Porque no hay estudio de retorno de inversión
Soldadura	Paro de la línea por daño del compresor	Embobinadoras	Porque hay Paro de la línea	Porque las mangueras de la embobinadora quedan sin aire	Porque hay Daño del compresor	Porque no hay mantenimiento preventivo del compresor	Porque no existe plan de mantenimiento
Soldadura	Paro de la línea por enredo	Embobinadoras	Porque Paro de la línea	porque hay enredo en la tina de zinc	Porque un amarre aplicado en cargue se enredó en proceso	Porque lo aplicaron de la manera incorrecta	Porque no hay supervisión ni una correcta capacitación
Soldadura	Paro de línea por enredo de alambre en la pacha	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque se retira material con grumos	Porque se enreda el alambre en la pacha	Porque hay perdida de Tensión	Porque falta supervisión en la línea por parte del operador
Soldadura	Paro de línea por pisador dañado	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque se retira material con grumos	Porque hay falla mecánica	Porque el pisador presenta dañado	Porque no hay mantenimiento preventivo para el pisador
Soldadura	Paro de línea porque se sale el alambre de la polea guía	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque se retira material con grumos	Porque se sale el alambre de la polea guía en zona de cargue	Porque no hay inspección de la polea	Porque no hay procedimiento de rutina de patio

Soldadura	Paro por falla en las punteras de la zona de cargue	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque se retira material con grumos	Porque las punteras de la zona de cargue se quedaron pegadas	Porque no hay supervisión de la línea	Porque no hay instructivo claro de supervisión de la línea
Soldadura	Paro por rotura del alambre	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay Rotura del alambre	Porque hubo mala aplicación de soldadura en zona de cargue	Porque el operario de soldadura no realizó el procedimiento adecuado	Porque no existe procedimiento de aplicación de soldadura
Soldadura	Racor de la manguera de presión de aire dañado	Embobinadoras	porque hay avería mecánica de la embobinadora	porque se suelta una manguera de presión de aire	porque un Racor de la manguera esta dañado	Porque no hay supervisión de la línea	porque no hay mantenimiento preventivo
Soldadura	Rotura de alambre por enredo causado por falta de tensión	Embobinadoras	Porque se para la línea	Porque el alambre se reventó	Porque se enredo en el acumulador y salió de la polea	porque el alambre está sin tensión	Porque no hay supervisión
Soldadura	Rotura por soldadura mal aplicada	Embobinadoras	porque se paró la línea	porque se partió soldadura en cargue	porque soldadura mal aplicada	porque no hay procedimiento para la operación de soldadura	Porque no hay capacitación y supervisión del operario
Soldadura	Se para la línea porque se pegaron los puntos	Embobinadoras	porque se paró la línea	Porque se pegaron las punteras	Porque existe avería mecánica	Porque falta de mantenimiento	porque no existe plan de mantenimiento preventivo
Soldadura	Se suspende la luz por daño eléctrico	Embobinadoras	Porque se fue la energía eléctrica	Porque se presenta daño eléctrico	Porque hay fuerte lluvia	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía eléctrica	Porque no hay planta eléctrica de respaldo
Soldadura	Se para la línea antes de tiempo, el operario digita mal el parámetro	Embobinadoras	Porque se para la línea para retirar grumos	Porque El operario realizo mala digitación en los controles	Porque hay error operativo	Porque no hay capacitación del procedimiento de la línea	Porque no hay seguimiento y supervisión de los operarios

Soldadura	Se parte alambre por soldadura mal aplicada en proceso anterior	Embobinadoras	porque se parte el alambre	porque la carreta venia con soldadura del reproceso anterior	porque hay soldadura mal aplicada	porque no hay procedimiento para la operación de soldadura	Porque no hay capacitación y supervisión del operario
Soldadura	Se remueve material por grumos	Embobinadoras	Porque se retira material por presentar grumos	porque se solidifico el cinc por baja temperatura	Porque los quemadores presentan problema	Porque hay falla eléctrica	porque falta de mantenimiento preventivo
Soldadura	Se remueve material por grumos	Embobinadoras	Porque se para la línea	Porque se retiran grumos	Porque material estancado en la tina de zinc por paro de la línea	Porque hubo falla mecánica	Porque falta mantenimiento preventivo
Soldadura	Se retira material con grumos	Embobinadoras	porque se para la línea	porque se retira material con grumos	porque alambre rosa con la boquilla	porque falta supervisión	Porque no existe procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Se retira tramo quemado por paro de línea	Embobinadoras	porque se aplica soldadura porque se retira tramo quemado	Porque paro de la línea para cambiar puntos	porque puntos no correspondían a la carreta montada	porque falta supervisión	porque no existe un procedimiento para la operación soldadura
Soldadura	Se retiran grumos generados por exceso de tensión en la zona de cargue.	Embobinadoras	Se retira material por presentar grumos	vibración en la línea genera movimiento de carbón	porque había mucha tensión en la zona de cargue	Porque no hay supervisión de la línea	Porque no hay procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Se retiran grumos generados por bajo nivel de zinc	Embobinadoras	porque se retira material por presentar grumos	Porque se tapó la boquilla	Porque el nivel de la tina de no era el adecuado	porque falta supervisión	porque no existe un procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Se retiran grumos por frenada de la línea	Embobinadoras	porque se para línea	porque se retira material con grumos	porque se frena la línea y causa grumos	Porque no hay supervisión de la línea	Porque no hay procedimiento de rutina de patio

Soldadura	Se salió el alambre del tambor por excesos de espiras	Embobinadoras	porque el alambre se salió del tambor	porque se paró la línea para medir y al acumular se salió el alambre	porque hay muchas espiras en el tambor	Porque no hay supervisión de la línea	Porque no hay procedimiento de rutina de patio
Soldadura	Sistema neumático de las embobinadoras presenta problema	Embobinadoras	Porque se paró la línea	Porque mucha tensión en el alambre	Porque el bailarín se distensiona	Porque el bailarín pierde presión de aire	Porque falta mantenimiento preventivo del sistema
Soldadura	Soldadura para retirar grumos por daño en la bomba de ácido	Embobinadoras	Porque hay paro en la línea	Porque el alambre presenta grumos	Porque hay falla en la bomba de ácido # 2	Porque la bomba se dañó	Porque falta mantenimiento preventivo en la bomba
Soldadura	soldadura paro de línea a causa de avería mecánica	Embobinadoras	porque se para la línea	Porque se presentan grumos, se retiran y se le aplica soldadura.	porque se parte pin de arrastre	Porque presenta desgaste por el uso.	porque no existe plan de mantenimiento preventivo

no conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Grumos	Al enhebrar la línea 5 se enreda con la línea 4 y causa grumos	Embobinadoras	Porque se enredaron las líneas 4 y 5 de las embobinadoras	Porque se estaba enhebrando la línea 5	Porque hay error del operario	Porque falta capacitación y supervisión	Porque no existe instructivo o procedimiento de rutina de patio
Grumos	Alambre ingresa húmedo a la tina	Embobinadoras	Porque el alambre está húmedo	Porque hay baja temperatura en el horno de secado	Porque no funciona el control de temperatura	Porque no se ha realizado mtto	Porque mtto no lo tiene dentro de sus prioridades
Grumos	Alambre roza con la boquilla por desajuste del soporte	Embobinadoras	Porque el alambre está pegado a la boquilla	Porque el soporte de la boquilla está flojo	Porque hay error del operario	Porque falta capacitación y supervisión	Porque no existe instructivo o procedimiento de rutina de patio

Grumos	Baja temperatura de la tina de zinc por problemas en los quemadores	Embobinadoras	Porque hay baja temperatura de la tina de zinc	Porque hay daño de los quemadores	Porque los quemadores se apagan	Porque los quemadores en mal estado	Porque falta de mantenimiento preventivo
Grumos	Baja temperatura de la tina de zinc por problemas en los quemadores	Rotolay	Porque hay baja temperatura de la tina de zinc	Porque hay daño de los quemadores	Porque los quemadores se apagan	Porque los quemadores en mal estado	Porque falta de mantenimiento preventivo
Grumos	Baja temperatura de la tina por problemas en los enderezadores	Embobinadoras	Porque hay problemas de temperatura en el horno	Porque se bajó la temperaturaa	Porque se dañaron en los quemadores	Porque están en mal estado	Porque falta de mantenimiento preventivo
Grumos	Baja temperatura del horno	Embobinadoras	Porque hay baja temperatura en el horno	Porque los quemadores en mal estado	Porque se dañaron en los quemadores	Porque están en mal estado	Porque falta de mantenimiento preventivo
Grumos	Bajo nivel de la tina de cinc	Embobinadoras	Porque hay bajo nivel de cinc en la tina	Porque no hay zinc para adicionar	Porque no hubo planificación de la operación	Porque en el momento de la necesidad el almacén está Cerrado	Porque no hubo solicitud de material
Grumos	Bajo nivel de la tina de zinc	Embobinadoras	Porque se presenta boquilla tapada	Porque se obstruye la boquilla con residuos	Porque hay bajo nivel de la tina de zinc	Porque hay plan de ahorro de procesos	Porque no existe un análisis correcto de mejoras de proceso para reducción de costos

Grumos	Bajo nivel de la tina de zinc	Embobinadoras	Porque hay bajo nivel de la tina de zinc	Porque no hay zinc en la planta	Porque no hay planeación de la operación	Porque Procesos dejó el insumo guardado en su bodega	Porque no hay comunicación efectiva
Grumos	Bobina con grumos que no se retiraron	Embobinadoras	Porque entra una bobina que venía con grumos	Porque es un reproceso de material NC	Porque no hubo supervisión de la anterior N.C	Porque no hay comunicación efectiva	Porque no hay capacitación al personal para manejo de producto N.C
Grumos	Bobina regalvanizada con grumos	Embobinadoras	Porque entra Bobina regalvanizada con grumos	Porque el reproceso no garantiza eliminar los grumos	Porque no existe un análisis operativo para el reproceso	Porque no se conocen las condiciones de operación para tener éxito en el reproceso	Porque no hay un procedimiento para el reproceso por grumos
Grumos	Bomba de acido en mal estado	Embobinadoras	Porque hay daño en las bombas de acido clorhidrico	Porque las bombas en mal estado y requieren cambio	Porque no son las bombas adecuadas para este trabajo	Porque sufren deterioro muy rápido	Porque no hubo estudio de selección de equipos
Grumos	Boquilla en mal estado	Embobinadoras	Porque la boquilla esta mal estado	Porque la boquilla cumplió su tiempo de uso	Porque no hay medición de desgaste de boquilla	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Boquilla tapada	Embobinadoras	Porque se tapó la boquilla	Porque la boquilla está en mal estado	Porque presenta desgaste de uso diario	Porque no hay medición de desgaste de boquilla	Porque no hay mantenimiento preventivo
Grumos	Boquilla tapada con suciedad de la tina	Embobinadoras	Porque hay taponamiento de la boquilla	Porque hay suciedad en la tina de zinc	Porque no se realiza limpieza de la tina	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación al personal en la operación

Grumos	Boquilla tapada por arrastre de sedimentos	Embobinadoras	Porque se presenta boquillas tapadas	Porque el alambre arrastro nata de la boquilla	Porque no hubo supervisión efectiva del proceso	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay análisis de posibles causas que generan la N.C.
Grumos	Boquilla tapada por goteo de agua	Embobinadoras	Porque se presenta boquillas tapadas	Porque se presenta goteo de agua	Porque la bandeja no retiene goteo de agua	Porque no hay análisis de falla	Porque no hay mantenimiento preventivo
Grumos	Boquilla tapada por exceso de dross en la tina	Embobinadoras	Porque se presenta boquillas tapadas	Porque la tina de cinc se encuentra con exceso de dross	Porque falta mantenimiento de la tina	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación al personal en la operación
Grumos	Carbón seco	Embobinadoras	Porque se encuentra carbón seco	Porque hay exceso de carbón en la línea	Porque hay un mala orden del jefe de área	Porque no hay un análisis del procedimiento de operación	Porque no hay análisis de posibles causas que generan la N.C.
Grumos	Daño manguera de flujo de nitrogeno	Embobinadoras	Porque la manguera de flujo de aire movió el carbón	Porque se partió la manguera y esta pego en los alambres	Porque esta en mal estado la manguera de flujo de aire	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Desarreglo del wiping con carbon	Embobinadoras	Porque se abrió el carbón	Porque hubo vibración en la línea	Porque se presenta mucha tensión en la zona de cargue	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación al personal de operación
Grumos	Exceso de tensión en la zona de cargue	Embobinadoras	Porque hay Exceso de tensión en la zona de cargue	Porque la carreta se estaba frenando	Porque no hay supervisión del operador	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro

Grumos	Goteo de agua en el carbón	Embobinadoras	Porque hay goteo de agua en el carbón	Porque falta bandeja de recolección de agua	porque el chorro de agua cuando toca el alambre hace que bajen gotas de agua	Porque falta de segunda bandeja en la tina de zinc	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Goteo de agua de la zona de enfriamiento del horno	Embobinadoras	Porque hay goteo de agua de los chorros de enfriamiento	Porque el sistema de enfriamiento está en mal estado	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de falla	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Goteo de agua en el carbón	Rotolay	Porque se cambió el carbón	Porque carbón presenta humedad por goteo de agua	Porque el flujo de aire de la flauta no tiene presión	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Grumos por limpieza de la tina de zinc.	Embobinadoras	Porque se presenta movimiento en tina de zinc.	Porque se estaba limpiando la tina	Porque no hay supervisión del operador	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Grumos por movimiento en el carbón	Rotolay	Porque se realiza cambio del carbón	Porque la montaña se abre al momento de adicionar nuevo carbón	Porque hay mal procedimiento de cambio de carbón	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Inadecuada preparación de superficie	Embobinadoras	porque se presenta Inadecuada preparación de superficie	Porque hay presencia de lubricante en la tina de zinc	Porque el ácido no esta decapando el alambre	Porque no hay supervisión al operador	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea

Grumos	Incremento de la velocidad para lograr diametro	Embobinadoras	Porque se subio velocidad por orden del supervisor	porque se necesita lograr el diametro requerido	Porque se presentaba variacion de diametro	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Le falta presion a las bombas de acido	Embobinadoras	Porque las bombas de ácido no funcionan bien	Porque no hay presión en las bombas de ácido	Porque el alambre sale muy sucio del fundente	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay analisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parametro
Grumos	Mal decapado del alambre	Embobinadoras	Porque hay mal decapado del alambre	Porque hay bajo nivel de la tina de acido	Porque bombas de acido no son aptas	Porque no hubo correcta selección de las bombas	Porque no hay analisis de requerimientos de la linea
Grumos	Mala remocion de carbon	Rotolay	Porque se adiciona mas carbon con autorizacion edinson	porque habia una linea saliendo con manchas	porque habia poco nivel de carbon	porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay analisis de los procedimientos de operación de la linea
Grumos	Movimiento de la tina de cinc	Embobinadoras	Porque hubo movimiento de la tina de zinc	Porque se estaba retirando la vermiculita	Porque hay desconocimiento del operario del procedimiento	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay analisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parametro
Grumos	Movimiento de la tina de zinc por enhebrado	Embobinadoras	Porque hay movimiento de la tina de cinc	Porque al enhebrar otra linea se genera movimiento de la tina	Porque falta de cuidado al enhebrar	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay supervision de la operacion
Grumos	Movimiento del zinc por rozamiento de lineas	Embobinadoras	Porque hay movimiento de la tina de cinc	Porque enhebrando el rotolay rozaron la embobinadora	porque estan cerca una de la otra	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay supervision de la operacion

Grumos	movimiento en la tina por rotura en línea del tren italiano	Embobinadoras	Porque hay movimiento en la tina de zinc	Porque se partió la línea 12 del tren	Porque la línea 12 del tren tocó la línea de las embobinadoras	Porque hubo avería en el capstan	Porque no hay mantenimiento preventivo
Grumos	Piedra con residuos de cinc solidificados	Embobinadoras	Porque hay piedra con residuos de cinc	Porque se presenta Bajas temperaturas	Porque hay problemas de los quemadores	Porque los quemadores en mal estado	Porque no hay mantenimiento preventivo
Grumos	Porque la tina de zinc no tiene el nivel suficiente por falta de adición	Embobinadoras	Porque hay bajo nivel de cinc en la tina	Porque no hay suministro de zinc	Porque hay cierre de inventario	Porque se quiere evitar sobre consumo	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parametro
Grumos	Problemas de fundente	Embobinadoras	Porque hay problemas de fundente	Porque hay baja concentración	Porque por el procedimiento se desgasta	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay supervisión de la operación
Grumos	Roce con la platina de retención de agua por vibración de la línea	Embobinadoras	Porque el alambre pega en el borde de la platina que retiene agua	Porque hay vibración	Porque se estaba desaccumulando en zona de carga	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay supervisión de la operación
Grumos	Rozamiento del alambre con la boquilla por estar desajustada	Embobinadoras	Porque boquilla roza con el alambre	Porque el tornillo de ajuste del soporte está dañado	Porque se desajusta por uso	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parametro
Grumos	Se abrió el carbón al jalar las líneas 1 y 2 del rotolay	Embobinadoras	Porque se abrió el carbón	Porque se estaban jalando las líneas 1 y 2 del rotolay	Porque hubo orden del ingeniero Edinson	Porque no se toman las precauciones necesarias	Porque no hay supervisión de la operación

Grumos	Se cae la lamina que detiene el agua porque estaba mal puesta	Embobinadoras	Porque se cae la lámina que detiene el agua en la tina de zinc causando movimiento	Porque hubo mala instalación	Porque no hubo supervisión del trabajo de mantenimiento	Porque no hay un instructivo o check list del proceso de instalación	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Se destenciona linea	Embobinadoras	Porque se destenciono la linea	Porque en la zona de cargue pusieron a acumular	Porque se realiza soldadura andando	Porque no existe un procedimiento de la operación de soldadura	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parametro
Grumos	Tina de zinc y acido sucias	Rotolay	Porque tina de zinc y acido sucias	Porque falta de limpieza	Porque hay restricciones de limpieza	Porque no hay capacitación del personal en la operación	Porque no hay supervision de la operacion
Grumos	Vibracion de la linea	Embobinadoraas	Porque hay movimiento del carbon	Porque hay material en zona de cargue presenta tramos enredados	Porque hay posiblemente problemas del repartidor causando daños en la espira	porque no hay supervición de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	vibracion de la piedra por tension en zona de cargue	Embobinadoras	Porque hay vibracion de la piedra	Porque la linea # 6 del tren italiano presento problemas en tension generando movimiento de la piedra	Porque el alambre se salio de la polea en la zona de cargue	porque no hay supervición de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Vibracion en la boquilla por carreta mal embobinada	Embobinadoras	Porque hay vibración en la boquilla	Porque la bobina esta enredada en la zona de cargue	Porque hubo un mal embobinado	porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea

Grumos	Vibracion en la linea mueve el carbon	Rotolay	Porque se abrió el carbon	Porque hay vibracion en la tina de zinc	Porque se arranco otra linea que causo el movimiento	porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Vibracion en la linea por exceso de tension	Embobinadoras	Porque hay vibracion en la linea 1 del tren italiano	Porque el freno muy tensionado en el cargue	Porque el tornillo esta con mucha tensión	porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea
Grumos	Vibracion por acumulacion de espiras en el tambor	Embobinadoras	Porque hay Vibracion y jaloneo	Porque el acumulacion de espira en el tambor	porque no hay supervición de la operación	Porque no hay capacitación del personal operativo en la línea	Porque no hay análisis de sobrecostos por generación de N.C. por este parámetro
Grumos	Fluctuación de la energía hace que el alambre roce la boquilla	Embobinadoras	Porque el alambre rozo en la boquilla	Porque hubo perdida de tension	Porque hubo fluctuadion de la energia	Porque el distribuidor de energía electrica no es confiable	Porque no existe planta eléctrica de respaldo

no conformidad	Causa	Maquina	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Peso por debajo del mínimo	Alambre enredado en el tambor acumulado	Embobinadoras	Porque se para la línea	Porque el alambre se sale de la polea en zona de carga y se enreda	Porque se distensionan la línea al momento de acumular	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación al operador responsable de la línea
Peso por debajo del mínimo	Avería eléctrica, falta de aire	Embobinadoras	Porque hay avería eléctrica	Porque hace falta de aire	Porque hay un problema eléctrico	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de los sobre costos por causa de esta N.C
Peso por debajo del mínimo	Avería mecánica se partió el enganche de hilo	Embobinadoras	Porque hay paro de la línea	Porque hay avería mecánica	Porque se partió el enganche de hilo	Porque no hay mantenimiento preventivo	Porque no hay análisis de los sobre costos por causa de esta N.C
Peso por debajo del mínimo	Enredo del alambre por espira muy grande en zona de carga	Embobinadoras	Porque al acumular las espiras se enredo el alambre en la zona de carga	Porque el tambor amplió la espira cuando se acumula el material	Porque el diámetro es muy delgado y al ampliar la espira se puede enredar	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del mínimo	Enredo en zona de carga	Embobinadoras	Porque hay enredo en zona de carga	Porque hay descuido operativo	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal	Porque no hay análisis de los sobre costos por causa de esta N.C

Peso por debajo del minimo	Error operativo	Embobinadoras	Porque no se reestablecio la linea a tiempo	Porque no hay supervisión de la operación	Porque el operario no estaba capacitado para atender la linea	Porque el operario es nuevo	Porque hay alta rotación del personal
Peso por debajo del minimo	Falla en el tactil del tablero	Embobinadoras	Porque hay falla en el tactil del tablero	Porque hay un problema electronico	Porque el operador no informa	Porque no hay aviso para mantenimiento	Porque no hay plan de mantenimiento preventivo
Peso por debajo del minimo	Falla drive	Embobinadoras	Porque hay fluctuacion electrica	Porque se ocasiona falla del drive	Porque esto genera vibracion de los drive	Porque no hay confiabilidad del distribuidor de energía electrica	Porque no hay planta electrica de respaldo
Peso por debajo del minimo	Falla drive	Embobinadoras	Porque hay Falla del drive	Porque hay problema electrico	Porque se provoca fallo del abanico de ventilacion	Porque no hay mantenimieto preventivo	Porque no hay analisis de los sobrecosto por causa de esta N.C
Peso por debajo del minimo	Falla en los contrapuntos	Embobinadoras	porque hay falla en los contrapuntos	Porque falta mantenimiento preventivo	Porque no hay analisis de los sobrecostos por causa de esta N.C	Porque no hay comunicación efectiva entre las áreas	Porque no hay una relación entre las metas operativas y de mantenimiento
Peso por debajo del minimo	Falta de alimentacion en zona de cargue	Embobinadoras	Porque falta alimentacion	Porque se termino bobina en el cargue	Porque no hay alimentacion	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal

Peso por debajo del minimo	falta de presion de aire en el tambor	Embobinadoras	Porque se enredan espiras en zona de cargue	Porque se estaba acumulando para soldar cuando se termina, se da arranque y brincan las espiras	Porque falta presion de aire en el tambor	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del minimo	Faltante de material porque se retiran grumos por goteo de agua	Embobinadoras	Porque se retira material por presentar grumos	Porque se presenta goteo de agua que forma los grumos	Porque mantenimiento retiro la segunda bandeja	Porque no hay comunicación efectiva entre las áreas	Porque no hay analisis de los sobrecostrto por causa de esta N.C
Peso por debajo del minimo	Faltante de material porque se utilizo mas en el inicio	Embobinadoras	Porque se termina material en la zona de cargue	Porque se gasto mas material al cuadrar el diametro en el inicio	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal	Porque no hay analisis de los sobrecostrto por causa de esta N.C
Peso por debajo del minimo	Mal decapado del alambre	Embobinadoras	Porque se gastaron mas material al enhebrar la linea	Porque el diametro no cuadraba	Porque la linea tiene problemas de HCl	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del minimo	Mala identificacion del peso del brillante	Embobinadoras	Porque el material brillante no cumplia con el peso	Porque se identifico mal el peso en la etiqueta	Porque hubo error operativo	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del minimo	Material incompleto por daño en el soldador	Embobinadoras	Porque se presenta material incompleto	Porque se gastan demasiado material al inicio en la soldadura	Porque el soldador estaba averiado	Porque no hay mantenimieto preventivo	Porque no hay analisis de los sobrecostrto por causa de esta N.C

Peso por debajo del mínimo	Metraje errado por no reestablecer el cuentametros.	Embobinadoras	Porque se presenta metraje errado	Porque no reestablecieron el cuentametros	Porque hay error operativo	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del mínimo	No se logro ajustar la velocidad de la maquina.	Embobinadoras	Porque se gastaron mucho material en el ajuste de la línea	Porque no cuadraba el diámetro	Porque no se ajustaba la velocidad adecuada para trabajar este producto.	Porque no hay supervisión de la operación	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del mínimo	Rotura en el rotolay por problema de materia prima	Embobinadoras	Porque paro la línea por rotura de material	Porque hubo problema de materia prima	Porque no hay previo alistamiento de la operación	Porque no hubo supervisión	Porque no hay capacitación del personal
Peso por debajo del mínimo	Rotura por mala aplicación de soldadura	Embobinadoras	Porque se presenta rotura en soldadura	Porque se realiza una mala aplicación de soldadura	Porque hay error operativo	Porque no hay un instructivo de la operación de soldadura	Porque no hay capacitación al operador responsable realizar la soldadura

